

УДК 627.42;627.45;626.4

№ держ.реєстрації 0101 v 009195

Інв. №

Українська академія аграрних наук  
ІНСТИТУТ ГІДРОТЕХНІКИ І МЕЛІОРАЦІЇ (ІГіМ)  
03022, м.Київ-22, вул. Васильківська, 37, тел. 257-40-30

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ІГіМ, д.т.н., проф.,  
академік УААН

\_\_\_\_\_ П.І.Коваленко

“15” грудня 2003 р.

ЗВІТ

про науково-дослідну роботу по темі Т-442

“РОЗРОБИТИ ПОСІБНИК “РОЗРАХУНКИ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ”

ДО ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “РЕГУЛЮВАННЯ РУСЕЛ РІЧОК.

НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ”

(заключний)

Керівник НДР,  
к.т. н., пр. наук.співр.

Б.І.Чалий

Відповідальні виконавці:  
к.т.н., пр.наук.співр.  
ст. наук. співр.

В.В.Онищук  
О.М.Козицький

Київ – 2003

Рукопис закінчено 15 грудня 2003 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

Пров. наук. співробітник ІГіМ , к.т.н	Б.І.Чалий (керівник НДР, розробка програми робіт , написання розділу 4 )
Пров.наук.співробітник ІГіМ, к.т.н.	В.В.Онищук (написання розділів 1; 3; 4; 5, підготовка додатків)
Ст. науковий співробітник ІГіМ	О.М.Козицький (написання розділів 1; 2; 3; 4, підготовка додатків)
Пров.наук.співробітник ІГіМ	М.І.Губіна (написання розділу 5)
Науковий співробітник ІГіМ	О.С.Ігнатова (редагування звіту, підготовка ілюстративного матеріалу, написання розділу 2, підготовка додатків)
Мол. наук.співробітник ІГіМ	Т.І.Михоноша (редагування і оформлення звіту, написання розділу 1, підготовка додатків)
Д.г.н., доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка К.т.н., зав. відділом Зат “Укроргводбуд”	О.Г. Ободовський (написання розділу 4 )  О.Н.Кафтан (написання розділу 4)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: сторінок , рисунків , таблиць , додатків , список посилань джерела.

Об'єкт досліджень – гірські річки Українських Карпат.

Мета роботи – розробити посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування”, що включав би основні методи розрахунку характеристик руслових процесів, необхідних для проведення берегозахисних і руслорегулювальних робіт на гірських річках.

Посібник розроблено у розвиток ДБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування”. У посібнику викладено основні методи розрахунку гідрологічних, гідравлічних, гідроморфологічних і руслових характеристик, що використовуються в практичних інженерних розрахунках при проектуванні гідротехнічних споруд і регулюванні русел гірських річок Українських Карпат. На основі багаторічних натурних і лабораторних досліджень на річках Українських Карпат, проведених в ІГІМ, а також аналізу матеріалів інших організацій, у посібнику приведено характеристики, районовані коефіцієнти і параметри основних розрахункових формул і методик, що використовуються при розрахунках характеристик руслових процесів. Сформульовано нові методологічні підходи щодо оцінки стійкості гірських русел, розроблено критеріальні залежності для визначення їх характерних станів. Посібник розроблено для використання при проектуванні інженерних протипаводкових заходів на гірських річках Українських Карпат.

ГІРСЬКІ РІЧКИ, РУСЛОВІ ПРОЦЕСИ, САМОВИМОЩЕННЯ, МЕАНДРУВАННЯ, РОЗМИВ, РЕГУЛЮВАННЯ, ДЕФОРМАЦІЇ, БЕРЕГОЗАХИСНІ СПОРУДИ

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ  
ПО ВОДНОМУ ГОСПОДАРСТВУ

ІНСТИТУТ ГІДРОТЕХНІКИ І МЕЛІОРАЦІЇ УААН

РОЗРАХУНКИ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ

(Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000

“Регулювання русел річок. Норми проектування”)

Київ – 2003

## ПЕРЕДМОВА

Розроблений:

Інститутом гідротехніки і меліорації УААН:

П.І.Коваленко, д.т.н., академік УААН та

РАСХН (керівник роботи),

к.т.н. Б.І.Чалий, к.т.н. В.В.Онищук,

О.М.Козицький, М.І.Губіна

За участю

Державного комітету України по водному  
господарству: О.С.Варницький

ВАТ “Укрводпроект”: к.т.н. В.Д.Дупляк

Київського національного університету імені  
Тараса Шевченка: д.г.н. О.Г.Ободовський

ЗАТ “ Проектно-технологічний інститут

« Укроргводбуд»” : к.т.н. О.Н.Кафтан

Затверджено

Наказом ІГіМ УААН № від “15” грудня 2004 року

## ЗМІСТ

1	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1.1	ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ .....	4
1.2	ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	5
1.3	ВЗАСМОДІЯ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ З РЕГУЛЯЦІЙНИМИ СПОРУДАМИ	11
2	МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ.....	15
2.1	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	15
2.2	ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ ТА ПАВОДКІВ ЗМІШАНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	18
2.3	ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ	27
3	ВИЗНАЧЕННЯ СТОКУ НАНОСІВ ГІРСЬКИХ РІЧОК.....	42
3.1	РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДБОРУ ПРОБ РУСЛОВИХ ВІДКЛАДІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСІВ .....	42
3.2	ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ НАНОСІВ.....	46
3.3	МЕТОДИ ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ НАНОСІВ	49
3.4	РОЗРАХУНОК СТОКУ НАНОСІВ.....	52
4	ОЦІНКА РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ГІРСЬКИХ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ.....	66
4.1	ФОРМУВАННЯ РУСЕЛ ТА ЇХ ОСНОВНІ ТИПИ .....	66
4.2	РОЗРАХУНОК РУСЛОФОРМУЮЧИХ ВИТРАТ .....	73
4.3	АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙ РІЧКОВИХ РУСЕЛ.....	76
4.4	ОЦІНКА СТІЙКІСТІ РУСЕЛ ГІРСЬКИХ РІЧОК.....	85
4.5	КЛАСИФІКАЦІЯ ПАВОДКІВ.....	90
5	ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДНОСНО СТІЙКИХ ДІЛЯНОК АЛЮВІАЛЬНИХ РУСЕЛ НА РУСЛОВИПРАВНИХ ТРАСАХ.....	97
5.1	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	97
5.2	РОЗРАХУНОК КРИВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПОТОКУ НА ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНКАХ РУСЛОВИПРАВНОЇ ТРАСИ.....	98
5.3	МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКИХ РУСЕЛ НА ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ РІЧКИ (ДЛЯ ПОБУТОВИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГДС <sub>П-Р</sub> ).....	100
5.4	МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКИХ АЛЮВІАЛЬНИХ РУСЕЛ НА ЗАРЕГУЛЬОВАНИХ (СТИСНЕНИХ) ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ РІЧКИ.....	103
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	106
	ДОДАТКИ.....	110

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1 ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1.1 Посібник розкриває основні положення ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування”.

1.1.2 Посібник призначений для використання проектними і будівельними організаціями Держводгоспу України для виконання берегозахисних і регуляційних робіт на гірських річках Українських Карпат.

1.1.3 Посібник може бути використаний організаціями інших відомств, що займаються проектуванням, будівництвом і експлуатацією протиерозійних споруд, мостів, ЛЕП, переходів магістральних трубопроводів, водозаборів і водоскидів за згодою територіальних органів Держводгоспу України.

1.1.4 Використання посібника передбачається з дотриманням основних положень і вимог ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000, СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования, СНиП 3.07.01-85 Гидротехнические сооружения речные, нормативних документів на окремі види споруд, їх конструктивних елементів, розрахункових характеристик, затверджених або узгоджених Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України, а також вимог діючих в Україні Водного та Земельного кодексів, законодавства з охорони природи і трудового законодавства.

1.1.5 Сфера використання посібника обмежена діапазоном змін основних руслових і гідравлічних характеристик ( $d_{ср.зв.} = 20-200$  мм,  $I = 0.01-0.0008$ ) в руслах обмеженого і вільного меандрування та осередкового типу.

1.1.6 Основні показники поперечних регуляційних споруд встановлюються шляхом використання експериментальних залежностей, які характеризують максимальні значення донних миттєвих швидкостей і питомих витрат, що безпосередньо визначають розмивну здатність річкового потоку.

1.1.7 При розробці проектів, що включають активні регуляційні споруди I-II класу капітальності посібником передбачається виконання лабораторних досліджень на руслових моделях. При проектуванні об'єктів III-IV класу капітальності у посібнику передбачається визначення параметрів регуляційних споруд без проведення лабораторних досліджень.

1.1.8 При розробці проектів регуляційних споруд необхідно керуватися Державними будівельними нормами:

ДБН А-2.2-3 97; ДБН А.2.2-1-95; ДБН IV-16-98, частина I;

ДСТУ БА 2.4-10-95, СНиП 1.02.07-87; СНиП 2.06.01-86; СНиП 3.07.01-85;

ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000.

Інженерні пошукові роботи для розробки проектів будівництва регуляційно-виправних і берегозахисних споруд необхідно виконувати у відповідності із СНиП 1.02.07-87 “Инженерные изыскания для строительства” і ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування,” розділ 14.

1.1.9 При проектуванні регуляційних споруд необхідно звернути увагу на характер дії антропогенних чинників, тому що від рівня розвитку направлених руслових деформацій залежить ефективність і надійність роботи комплексу протипаводкових споруд.

## 1.2 ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

*Алювій* – відклади у вигляді акумулятивних форм у руслах річок, озерах та водосховищах, що утворені в результаті переносу водним потоком продуктів руйнування земної кори.

*Базис ерозії* – висотна відмітка, що визначає нижню межу врізання русла річки. Головний базис ерозії визначається рівнем озера чи моря в які впадає річка, а місцевий – найнижчими відмітками води на стійких порогах, або найбільш мілководних перекатах (бистринах).

*Басейн річки (водозбір)* – частина земної поверхні, включаючи товщу ґрунтів, звідки надходить стік води в річку, річкову систему або озеро.

*Басейнове регулювання* – перерозподіл стоку води з часом в замикаючій створі у порівнянні з ходом надходження води на водозбір.

*Біфуркація річки* – роздвоєння русла річки на відносно самостійні рукави.

*Боковик* – частина крупної перекошеної в плані стрічкової гряди, висохлої в межень. Формується під час паводків в умовах відносно випрямленої течії.

*Б'єф* – ділянка річки, що розміщена вище або нижче підпірної споруди.

*Витрата наносів* – кількість наносів, що переноситься потоком за інтервал часу. Розрізняється витрата завислих наносів, що переносяться потоком через поперечний переріз русла, і донних, які транспортуються по дну. Переважно виражається в кг/с.

*Водорозділ* – межа (лінія розділу) між водозборами сусідніх басейнів річок.

*Волокові (донні рухомі) наноси* – переважно найбільш крупні наноси, що переносяться в придонному шарі шляхом волочіння, перекочування або стрибкоподібно (сальтація).



*Встановлений рух* – рух потоку, при якому рівень вільної поверхні і витрата у заданому перерізі не змінюються з часом.

*Гідравлічний похил ( $i$ )* – зменшення повної питомої енергії на одиницю довжини, що відбувається внаслідок затрати енергії на подолання гідравлічних опорів. Для усталеного рівномірного руху ( $V=const$ ) і гідравлічний похил дорівнює п'єзометричному.

*Гідравлічний радіус ( $R$ )* – характеристика потоку, що дорівнює відношенню площі живого перерізу потоку до довжини змоченого периметру. За відсутності льодоставу значення близьке до середньої глибини потоку.

*Гідрограф* – графік зміни у часі витрат води за рік або інший інтервал часу.

*Динамічна вісь потоку* – лінія найбільших швидкостей потоку у поздовжньому напрямку.

*Динамічна швидкість ( $V_{дин}$ ), (швидкість тертя)* – величина, що має розмірність швидкості і визначається формулою  $V_{дин} = \sqrt{ghJ} = \frac{V_{cp} \sqrt{g}}{C}$

*Дисипація енергії* – затрата механічної енергії на подоання опору руху потоку, перетворення частини цієї енергії на теплову.

*Завислі наноси* – тверді частинки, що переносяться потоком у завислому стані.

*Заплава* – частина дна річкової долини, що затоплюється в періоди високої водності. Формується в результаті відкладення транспортованих потоком наносів у процесі планових деформацій річкового русла. Заплави бувають двосторонні, односторонні і почергові.

*Захисно-регуляційні споруди* – річкові гідротехнічні споруди, які шляхом створення опору водній течії виправляють потік і регулюють руслові деформації, захищають береги від розмиву при проходженні паводків (руслоформуючих та руслоруйнуючих), льоду, транзитних наносів (берегозахисні кріплення, підпірні стінки, дамби обвалування, загати, півзагати, шпори, пороги, завіси, щити тощо).

*Змочений периметр* – довжина підводного контуру поперечного перерізу руслового потоку.

*Коефіцієнт редукації* – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність зміни однієї величини у зв'язку зі зміною іншої, наприклад, зменшення модуля максимального стоку із збільшенням площі водозбору.

*Коефіцієнт стійкості русла* – величина, що характеризує ступінь стійкості

русла по відношенню до розмиву.

*Коефіцієнт шорсткості річки* – кількісна характеристика для визначення шорсткості русла, що визначається по спеціальній шкалі (таблиці) в залежності від характеристик поверхні русла і інших ознак русла і потоку.

*Крива забезпеченості (ймовірності перевищення)* – інтегральна крива, що показує забезпеченість або ймовірність перевищення (у відсотках) даної величини серед загальної сукупності ряду.

*Крива вільної поверхні (крива підпору або спаду)* – графічне зображення поздовжнього профілю водної поверхні в абсолютних або умовних відмітках. Тангенс кута нахилу дотичної до кривої підпору, що чисельно рівний поздовжньому похилу.

*Макроформи* – комплекс тісно пов'язаних між собою елементів русла різних структурних рівнів самоорганізації гідродинамічної системи “потік-русло” (ГДС<sub>п-р</sub>), який визначає в цілому зовнішній вигляд річки. Найбільш поширеним видом макроформ є річкові меандри.

*Мезоформи* – великі грядоподібні скупчення наносів, які за своїми розмірами домірні до ширини русла. До них можна віднести перекати, боковики, осередки і острови.

*Мікроформи* – найменші утворення у вигляді невеликих гряд (десятки і перші сотні сантиметрів завдовжки і перші десятки сантиметрів завширшки), складених з найдрібніших частинок алювію.

*Меандрування* – планове переформування звивин річок, що мають заплави. Розвиток процесів меандрування на гірських річках обмежується виходом корінних порід і формами рельєфу. Меандрування буває обмежене, вільне і незавершене. Обмежене меандрування поширене на ділянках річок з вузькою заплавою, русло має слабозвивисту форму, близьку до синусоїдальної. Вільне меандрування розвинуте на річках з широкою заплавою. Звивина проходить послідовні стадії розвитку, від слабовигнутих до петлеподібних. Цикл завершується проривом петлі, утворенням нового русла і стариці. Після цього цикл розвитку повторюється. Незавершене меандрування характеризується формуванням спрямленого русла до стадії утворення петлі.

*Межень* – фаза гідрологічного режиму річки, що характеризує найнижчі періоди водності протягом року.

*Метод гідрологічної аналогії* – спосіб наближеної оцінки характеристик

гідрологічного режиму невивчених річок, що базується на використанні матеріалів спостережень на річках-аналогах, які знаходяться в подібних фізико-географічних умовах. При розрахунках вводяться поправки, які враховують неповну аналогію фізико-географічних факторів.

*Метод турбулентної дифузії* – метод оцінки процесів транспортування завислих наносів, що базується на рівнянні турбулентної дифузії.

*Модуль стоку* – кількість води, що стікає з одиниці площі водозбору за визначений період часу, виражається в л/с·км<sup>2</sup> або м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>.

*Морфометричні залежності* – кількісні співвідношення між окремими характеристиками русла або між ними і гідравлічними характеристиками потоку.

*Мутність води* – вміст завислих речовин (наносів) в одиниці об'єму суміші води і наносів, у гідрологічних розрахунках переважно виражається у вагових одиницях (г/м<sup>3</sup>, мг/л).

*Невстановлений рух* – рух потоку, при якому глибина, площа живого перерізу, швидкість і гідравлічний похил змінюються у заданому створі з плином часу.

*Нерівномірний рух* – рух потоку, при якому глибина, площа живого перерізу, швидкість і гідравлічний похил змінюються по довжині русла, але залишаються постійними з часом у заданому перерізі.

*Норма стоку* – середнє значення величини стоку за багаторічний період такої тривалості, при збільшенні якої отримане значення суттєво не міняється.

*Обвалування русла* – відгородження русла насипними валами вздовж річки з метою захисту території від затоплення. Розрізняють одно- і двостороннє обвалування.

*Об'єм стоку* – кількість води, що протікає через заданий створ річки за визначений період часу, визначається для малих річок в м<sup>3</sup>, а для великих – в км<sup>3</sup>.

*Осередки* – відокремлені від берегів накопичення наносів у вигляді невисоких, повністю або частково затоплених рухомих островів, переважно витягнутих вздовж річки форми.

*Пережат* – форма донного рельєфу, що сформована відкладами наносів у вигляді широкої гряди, що перетинає русло під деяким кутом до загального напрямку течії.

*Підпір* – підвищення рівня води, що супроводжується зменшенням швидкості течії і похилу. Утворюється в результаті впливу на річковий потік природних і

штучних перешкод – згини і повороти русла, підняття дна, острови, греблі, загати тощо.

*Плес* – більш глибока ділянка річки у порівнянні з вище і нижче розміщеними ділянками. Переважно знаходиться дещо нижче за течією від вершини повороту русла.

*Поріг русла* – коротка ділянка річки з великим падінням і бурхливою течією. Зустрічаються переважно в місцях виходу важкорозмивних порід.

*Пояс меандрування* – ділянка долини, в межах якої відбуваються процеси меандрування.

*Призматичне русло* – русло, що характеризується постійними геометричними розмірами поперечного профілю по довжині. У протилежному випадку русла називаються непризматичними.

*Регулювання стоку* – штучний перерозподіл стоку в часі у відповідності з вимогами користування.

*Рівномірний рух руслових потоків* – рух потоку, при якому гідравлічні елементи (глибина, площа живого перерізу, швидкість і гідравлічний похил) залишаються постійними в часі і по довжині. Можливий лише в призматичних руслах за умови відсутності підпору.

*Річкова мережа* – частина гідрографічної мережі, що утворена сукупністю всіх річок, в межах заданої території.

*Річкова система* – сукупність річок заданої території, що зливаються разом. У межах річкової системи виділяється головна річка і притоки нижчих порядків.

*Рифелі* – найбільш дрібні, близькі за формою до двовимірних, короткі піщані гряди в потоці, що утворюються придонними течіями в річках і озерах. Для гірських річок не характерні.

*Розрахункові витрати води* – витрата води, що приймається за вихідну для визначення розмірів гідротехнічних споруд.

*Русло* – найбільш понижена частина долини, вироблена потоком, по якій здійснюється переміщення основної частини донних наносів і стік води у міжпаводкові періоди.

*Руслові деформації* – зміни розмірів і положення річкового русла та окремих руслових утворень, що обумовлені роботою потоку і пов'язані з перевідкладенням наносів.

*Руслова ємність* – ємність русла і долини, в межах якої можуть акумулюватися води в період паводків і повені з подальшим спрацюванням накопичених запасів при спаді рівнів.

*Руслові процеси* – сукупність явищ, що виникають під час функціонування відкритої гідродинамічної системи “потік-русло”, яка шляхом реалізації властивостей самоорганізації змінюється в межах відповідних структурних рівнів, які визначають розвиток різних типових форм рельєфу русел і режим їх сезонних, багаторічних та вікових змін за рахунок розмиву дна і берегів річок, транспорту й акумуляції наносів (дискретного транзиту продуктів ерозії).

*Руслоформуюча витрата водотоку* – витрата (еквівалентна спостережуваним максимальним витратам за багаторічний період), при якій енергія потоку за допомогою процесів збурення і гальмування тратиться на формування в руслі характерних морфологічних структур на найвищому рівні самоорганізації гідродинамічної системи “потік-русло”, що визначають дискретну форму транспорту наносів і динамічну рівновагу системи в цілому.

*Руслоформуючі наноси* – наноси тих фракцій, які приймають найбільшу участь у формуванні русла.

*Сальтація* – форма переміщення донних наносів, що виражається у стрибкоподібному перекиданні вихоровими утвореннями наносів, що відриваються від дна.

*Седиментація* – осідання під дією сили тяжіння завислих у водоймах частинок ґрунту (наносів).

*Сель* – короткочасний руйнівний паводок з дуже великим (до 75% загальної маси потоку) вмістом мінеральних частин і уламків гірських порід.

*Сила волочіння* – дотична сила, прикладена до поверхні дна потоку і направлена в сторону руху. При рівномірному русі дорівнює поздовжній складовій сили тяжіння, що діє на потік. Переважно вираховується на одиницю поверхні дна.

*Стариця* – ділянка старого русла або рукава річки, що розміщена на заплаві і відділена від системи діючих рукавів в результаті занесення їх кінцевих ділянок.

*Стрічкова гряда* – форма рухомого накопичення наносів в руслі річки, що займає всю ширину русла, або значну його частину. В плані має дугоподібну форму з випуклістю, що направлена вниз. У поперечному розрізі характеризується підвищенням відміток в сторону згину русла. Довжина гряд в десятки і сотні раз

перевищує їх висоту.

*Стрижень* – лінія, що з'єднує точки з найбільшими швидкостями потоку по довжині річки.

*Тальвег* – лінія найбільш низьких відміток дна долини або русла, а також інших ланок гідрографічної мережі.

*Тераси річкові* – близькі до горизонтальних ділянки поверхні на схилах долини, що утворені в результаті поступового врізання русла річки в дно долини.

*Час добігання* – час, на протязі якого водна маса проходить задану відстань.

*Шар стоку* – кількість води, що стікає з водозбору за певний проміжок часу. Виражається у вигляді шару води в мм, рівномірно розподіленого по всій площі водозбору.

### 1.3 ВЗАЄМОДІЯ РУСЛОВОГО ПРОЦЕСУ З РЕГУЛЯЦІЙНИМИ СПОРУДАМИ

1.3.1 Регуляційні споруди піддаються дії руслового і заплавного потоків і, в свою чергу, діють на нього. Тому важливо визначити ступінь такої взаємодії, щоб спрямувати її в потрібному напрямку чи виключити небажані для стійкості споруди умови її роботи.

1.3.2 У відповідності з гідрогеоморфологічною теорією, всі річкові інженерні заходи і споруди можна розділити за принципом їх впливу на визначальні чинники руслового процесу і ціленаправленої інженерної дії на руслові деформації. По першому принципу розглядаються споруди і заходи, зв'язані з антропогенною діяльністю в річкових басейнах, в тому числі і агротехнічні заходи на водозаборах. По другому принципу розглядаються споруди і заходи, які спеціально використовуються для ціленаправленої дії на руслові форми в необхідному напрямку. Далі розглядаються лише річкові споруди і заходи. Вони розподіляються на два класи: активні, що приводять до змін визначальних чинників і пасивні, які не впливають на них.

1.3.3 Активні споруди розподіляються на дві категорії. Споруди першої категорії викликають однонаправлені зміни характеристик одного, двох або більше визначальних чинників в масштабі всієї річки або її частини, охоплюючої ряд макроформ або морфологічно однорідних ділянок. Оскільки, закономірне сполучення визначальних чинників створює тип руслового процесу, то їх зміни можуть привести до зміни цього типу і виникнення нових значень характеристик потоку і русла. Це в свою чергу, впливає на руслові утворення на рівні мезоформ і мікроформ. В першу

категорію можуть включатись і інші види інженерної діяльності, якщо вони корінним чином змінюють стік води і наносів, наприклад, агротехнічні заходи на водозборі [14].

1.3.4 Споруди другої категорії викликають локальні зміни деяких характеристик визначальних чинників. Вони, як правило, не викликають корінної перебудови типу русла, а їх дія виявляється лише на рівні мезоформ і мікроформ. Отже, стійкість таких споруд залежить в найбільшій мірі від змін в руслі на рівні макроформ. До таких споруд відносяться русловипрямні і захисно-регуляційні споруди, великі канали, водоогороджуючі дамби, руслові перемички, руслові і заплавні кар'єри алювію, греблеві водозабори, мостові переходи, які не перекривають заплаву. Їх проектування повинно бути спрямовано на надання доцільного розвитку найбільш стійким елементам русла, які визначають розвиток руслового процесу на усій ділянці річки, що розглядається. Наприклад, в якості таких елементів може виступати ввігнутий берег річки, який деформується.

1.3.5 В деяких випадках споруди другої категорії можуть бути віднесені до споруд першої категорії, якщо їх будівництво приводить до помітних змін визначальних чинників руслового процесу. Прикладом цього може бути будівництво водоогороджуючих дамб на значній довжині річок, що охоплює декілька морфологічних ділянок, кар'єри алювію з об'ємом видобутку, який перевищує об'єми твердого стоку, верхні б'єфи греблевих водозаборів, якщо вони здійснюють багаторічну акумуляцію руслоформуючих наносів.

1.3.6 До пасивних споруд можуть бути віднесені берегозахисні одежі, безгреблеві водозабори, водоскиди, водовипуски стічних вод, мостові переходи, дюкери, ЛЕП, лінії зв'язку, малі випрямні канали. При масовому використанні на річці пасивних споруд їх вплив на хід руслового процесу також може бути настільки значним, що і вони по своїй ролі в русловому процесі мають бути віднесені до активних споруд.

1.3.7 Урахування руслового процесу при проектуванні пасивних споруд полягає у тому, щоб визначити руслові форми, під вплив яких підпадає конкретна споруда і в визначенні діапазону їх деформацій, маючи на увазі, що на пасивні споруди можуть робити вплив всі типи руслових форм. Якщо пасивну споруду неможливо розташувати за межами зон деформації, то вдаються до стабілізації русла за допомогою активних руслорегулювальних споруд другої категорії або до розробки

такої конструкції споруди, яка б виключала негативний вплив руслових деформацій.

1.3.8 Схема класифікації річкових споруд по їх впливу на визначальні чинники руслового процесу і цілеспрямованої інженерної дії на руслові деформації стосовно до передгірських ділянок Карпатського регіону подана на рис.1.1.

1.3.9 З вищеподаної класифікації річкових споруд за характером їх взаємодії з русловим процесом випливає і порядок урахування руслового процесу при проектуванні таких споруд. У відповідності з цим порядком визначаються [14]:

- 1) клас і категорія, до якої відноситься споруда;
- 2) вид руслових форм, що взаємодіють із спорудою;
- 3) діапазон руслових деформацій в розрахунковий період експлуатації споруди;
- 4) планове і висотне розташування споруди;
- 5) вибір конструкції споруди в залежності від діапазону і інтенсивності деформацій русла і заплави;
- 6) шлях розробки нової конструкції споруди у випадку несумісності із характером руслових деформацій;
- 7) схема інженерних заходів з управління русловими процесами на ділянці розташування споруди.

1.3.10 На протязі кожної річки тип руслового процесу змінюється у відповідності зі зміною режиму стоку наносів і обмежуючих чинників. В цих умовах аварійно-локальний характер регулювання русел річок (руслових процесів) по цілому ряду показників є недостатньо ефективний, тому що при ньому не забезпечується стійка в плані течія річки на всьому протязі і мають місце звали потоку до одного із берегів, при яких важко запобігти деформаціям регуляційних споруд та руйнуванню об'єктів, які ними захищаються. Крім того, влаштування регуляційних споруд лише на окремих, обмежених по довжині аварійних ділянках річок, може погіршити умови течії потоку на вище і нижче розташованих ділянках річок, що буде сприяти розмиву берегів, водоогороджуючих дамб та інших річкових споруд і об'єктів.

1.3.11 Найбільш ефективним є комплексне або загальне регулювання річок на всій довжині або на ділянках великої протяжності, що підтверджується і



світовим досвідом в цій галузі. Таке регулювання потребує значного часу та матеріальних витрат. Тому воно повинно виконуватися поетапно, у відповідності із загальною схемою регулювання тієї чи іншої річки з урахуванням змін типів руслового процесу по її довжині.

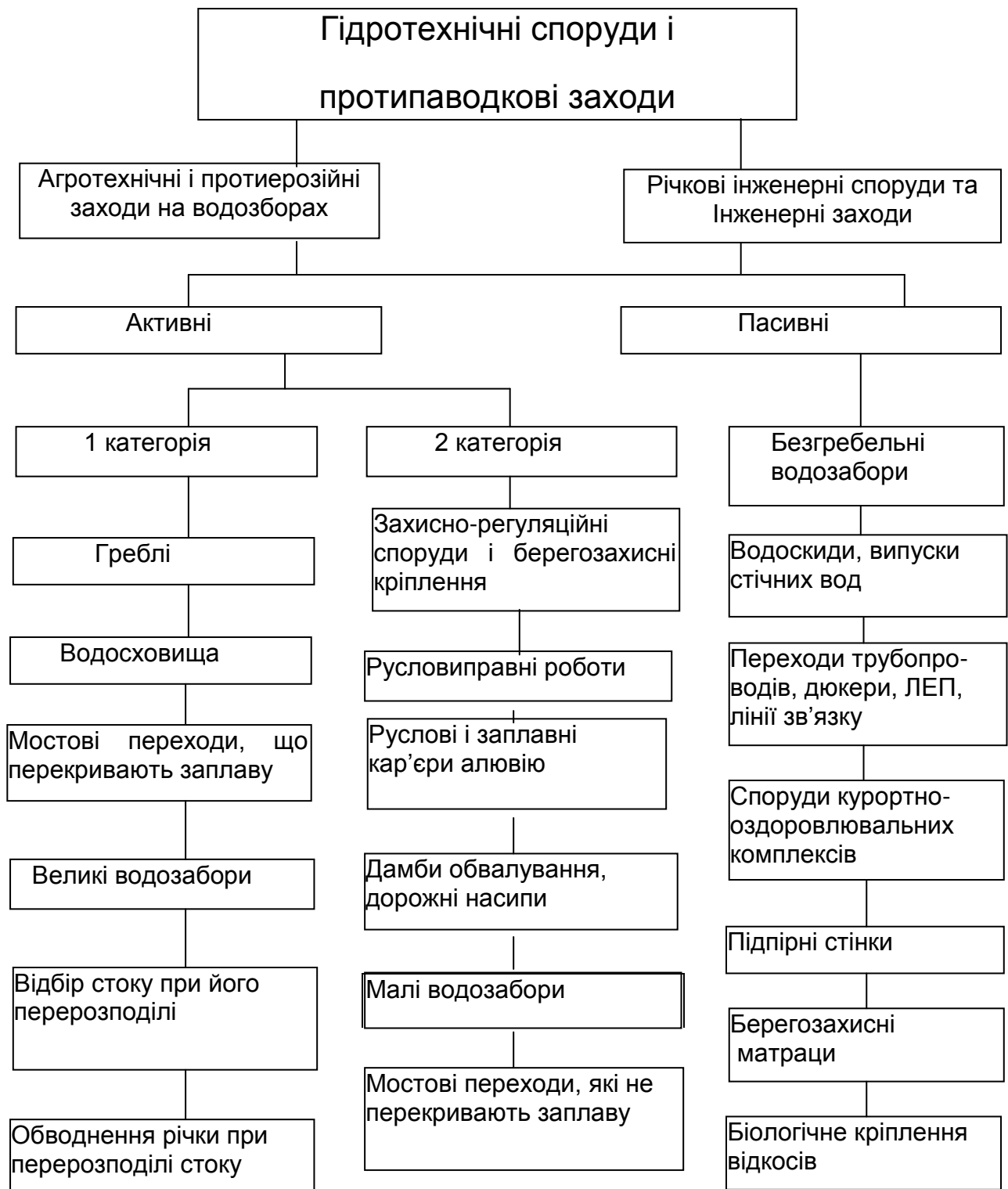


Рис 1.1 Класифікація річкових інженерних споруд і протиаводкових заходів по їх впливу на руслові процеси

## 2 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ

### 2.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1.1 Із-за відсутності Державних нормативних документів для визначення максимальних витрат води, діючим залишається СНиП 2.01.14-83 “Определение расчетных гидрологических характеристик”[3,4].

2.1.2 Карти і таблиці СНиП для визначення параметрів у формулах максимального стоку розроблені для всієї території СРСР, є занадто генералізовані і не враховують особливостей формування гідрологічного режиму річок Українських Карпат. Окрім того, вони базуються на матеріалах коротких рядів спостережень і в значній мірі застарілі.

СНиП 2.01.14-83 передбачає можливість використання регіональних розрахункових параметрів до нормативних формул, а також регіональних методів розрахунку максимального стоку, при їх фактичному обґрунтуванні. При цьому необхідно провести розрахунки по методиках, що приведені в СНиП і виконати порівняльну оцінку точності отриманих результатів.

2.1.3 В залежності від задач розрахунків, визначення максимального стоку проводиться для стоку весняної повені, дощових і змішаних паводків, або річних максимумів. При визначенні розрахункових гідрологічних характеристик, у відповідності з СНиП, необхідно передбачити, в залежності від наявної гідрометричної інформації, наступні розрахункові схеми:

- а) при наявності даних гідрометричних спостережень – безпосередньо по матеріалах спостережень;
- б) при недостатці даних гідрометричних спостережень – шляхом приведення їх до багаторічного періоду по матеріалах річок-аналогів з більш тривалим періодом спостережень;
- в) при відсутності даних гідрологічних спостережень – по формулах з використанням річок-аналогів, або інтерполяцією, що базується на використанні даних спостережень всієї мережі гідрологічних спостережень району, включаючи матеріали спеціальних інженерно-гідрометричних пошуків.

2.1.4 Розрахунки виконуються по середньодобових значеннях при тривалості стояння максимальних витрат рівній або більше доби і по миттєвих, якщо ця тривалість менше доби. Розрахункова щорічна ймовірність перевищення

максимальних витрат встановлюється на основі норм проектування річкових споруд. Гідротехнічні споруди, руйнування яких призводить до катастрофічних наслідків необхідно перевіряти на пропуск максимальних витрат води ймовірністю перевищення 0,01% з врахуванням гарантійної поправки [3].

$$\Delta Q_{P\%} = (a E_{P\%} Q_{P\%}) / \sqrt{N} \quad (2.1.1),$$

де  $a$  – коефіцієнт гідрологічної вивченості річки. Для гідрологічно вивчених річок приймається рівним 1, а для слабо вивчених - 1.5;

$N$  – число років спостережень з врахуванням приведення до багаторічного періоду;

$E_{P\%}$  - величина, що характеризує випадкову середню квадратичну помилку розрахункової витрати води щорічної ймовірності повторюваності перевищення  $P = 0,01\%$ , що визначається з таблиці 2.1.1 і 2.1.2 [3].

Таблиця 2.1.1 Значення  $E_{P\%}$  для трьохпараметричного гамма – розподілу

$C_s/C_v$	Коефіцієнти варіації $C_v$										
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Методом найбільшої вірогідності											
2	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54
3	0,75	1,00	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,78	1,90	2,00	2,10
4	1,00	1,30	1,48	1,60	1,74	1,88	2,00	2,15	2,27	2,40	2,58
Методом моментів											
2	0,60	0,75	0,88	0,96	1,05	1,14	1,22	1,30	1,38	1,46	1,54
3	0,84	1,10	1,34	1,55	1,74	1,93	2,11	2,28	2,42	2,56	2,68
4	1,11	1,43	1,73	2,00	2,22	2,42	2,60	2,77	2,94	3,10	3,26

Таблиця 2.1.2 Значення  $E_{P\%}$  для біноміального розподілу методом моментів

$C_s/C_v$	Коефіцієнти варіації $C_v$										
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
2	0.62	0.78	0.92	1.05	1.16	1.27	1.39	1.49	1.60	1.70	1.80
3	0.75	0.97	1.19	1.35	1.59	1.63	1.96	2.14	2.31	2.49	2.66
4	0.91	1.20	1.49	1.66	2.04	2.30	2.56	2.82	3.09	3.35	3.62

Значення величини гарантійної поправки  $\Delta P\%$  повинне прийматися не більше

20% значення величини максимальної витрати води. Прийнята розрахункова витрата води за врахуванням гарантійної поправки не повинна бути меншою, ніж найбільша спостережена витрата.

Гідротехнічні споруди, руйнування яких може призвести до катастрофічних наслідків із значними збитками, необхідно перевіряти на пропуск максимальної витрати води ймовірністю перевищення 0.01% з врахуванням гарантійної поправки.

2.1.5 Визначення розрахункових характеристик максимального стоку при наявності достатньої кількості матеріалів гідрометричних спостережень проводиться на основі аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення у відповідності з вимогами пунктів 2.1-2.12 і 2.23-2.30 СНиП 2.01.14-83.

У відповідності з рекомендаціями УкрНДГМІ стандартні параметри кривих розподілу і розрахункові величини максимальних витрат води і шару паводкового стоку для річок басейнів Тиси, Прута, Серету і гірської частини басейну Дністра необхідно визначати по згладжених емпіричних кривих забезпеченості, екстрапольованих по біномінальній кривій розподілу [5]. При розрахунках повинна забезпечуватись вимога додержання однорідності включених в один статистичний ряд гідрологічних величин. Порушення однорідності гідрологічних рядів найбільш часто пов'язане з антропогенними факторами, найважливішими з яких є регулювання стоку, водозабори, гідротехнічне будівництво, оранка і забудова заплавл.

Період рядів спостережень вважається достатнім, якщо відносна середня квадратична похибка розрахункових параметрів не перевищує 10%.

2.1.6 Визначення розрахункових характеристик максимального стоку при не достатній кількості спостережень проводиться у відповідності з пунктами 3.1-3.5 СНиП 2.01.14-83 шляхом приведення параметрів кривих розподілу щорічних ймовірностей перевищення характеристик максимального стоку до багаторічного періоду з використанням парної і множинної регресії.

Для приведення коротких рядів спостережень до більш тривалих використовуються матеріали спостережень на річках-аналогах, а також сусідніх створів з урахуванням редукції максимальних витрат по площі.

Для вибору річок-аналогів можуть бути використані статистичні характеристики максимального стоку річок Українських Карпат для опорних гідрологічних пунктів з найбільш тривалим періодом спостережень і приведених в таблицях Г.1 і Д.1 додатку (по матеріалах досліджень УкрНДГМІ за період

спостережень до 1980 р.) [5,6].

2.1.7 Для гірських басейнів водозбір-аналог і басейн невивченої річки повинні мати близькі середні висоти водозбору і однакову експозицію схилів по відношенню до напрямку вологоносних вітрів, подібні типи ґрунтів і умови формування стоку. Форма водозборів досліджуваної річки і річки аналога, по можливості, повинні бути подібними. Для цього необхідне дотримання рівностей [3]

$$L/F^{0.56} \approx L_a/F_a^{0.56}$$

$$IF^{0.50} \approx I_a F_a^{0.50},$$

де  $L$ ,  $L_a$ ,  $F$ ,  $F_a$ ,  $I$ ,  $I_a$  – відповідно, довжина, площа і середньозважений похил русла досліджуваної річки і річки аналога.

2.1.8 Розрахунки максимального стоку при відсутності гідрометричних спостережень на гідрологічних постах проводяться за формулами для весняної повені, дощових паводків і максимального (генетично не розділеного) стоку за рік.

## 2.2 ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ ТА ПАВОДКІВ ЗМІШАНОГО ПОХОДЖЕННЯ

2.2.1 Для визначення максимального стоку весняної повені і весняних паводків змішаного походження рекомендується регіональна формула граничної інтенсивності В.І. Мокляка і формула СНиП 2.01.14-83.

*Розрахунки за формулою СНиП 2.01.14-83.*

2.2.2 Формула СНиП рекомендується для водозборів площею від елементарно малих до 20000 км<sup>2</sup>. Розрахункова максимальна витрата  $Q_p$ , заданої щорічної ймовірності перевищення  $P\%$  для району Українських Карпат у відповідності з [4] визначається за формулою

$$Q_p = q_p F = \frac{K_0 h_p \mu}{(F + 1)^{n_1}} F \delta, \quad (2.2.1)$$

де  $q_p$  – розрахунковий модуль стоку ймовірністю перевищення  $P$ , м<sup>3</sup>/с.км<sup>2</sup>;

$F$  – площа водозбору до розрахункового створу, км<sup>2</sup>;

$K_0$  – параметр дружності повені ( $q_p/h_p$ );

$h_p$  – розрахунковий шар сумарного ( змішаного) стоку тієї ж ймовірності перевищення  $P$ , мм;

$\mu$  - коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку і максимальних витрат води;

$n_1$  – показник степені редукції відношення  $q_p/h_p$  від площі водозбору;

$\delta$ – коефіцієнт, що враховує вплив зарегулювання в басейні.

- Розрахунок параметрів формули проводиться за даними, що отримані на річках-аналогах, сусідніх створах або по картах ізоліній і таблицях узагальнених районованих значень [4]. При проведенні розрахунків необхідно враховувати регіональні методичні рекомендації розроблені в УкрНДГМІ [6].
- Площа водозбору до розрахункового створу вираховується з крупномасштабних топографічних карт, графіків наростання площі водозбору по довжині річки, що приведені в “Ресурсах поверхностных вод СССР” [8] і паспортів річок. Для окремих розрахункових створів на основних річках Українських Карпат ці значення приведені в Додатку Б.
- Уточнені, з урахуванням регіональних особливостей, значення параметрів  $K_0$  і  $n_1$  приведені в таблиці 2.2.1, а для окремих річок – аналогів у таблиці Г.1 додатку .

Таблиця 2.2.1 Параметри формули СНиП 2.01.14-83 [6]

№ району	Басейн річки	Район (в межах басейнів річок )	Параметр	
			$K_0$	$n_1$
1	Тиса	Басейни річок Чорної і Білої Тиси, Шопурки, Косівської.	0,018	0,17
		Басейни Тересви, Терєблі, Ріки, Боржави, Латориці, Ужа.	0,022	0,17
2	Сірет	Басейни річок Сирет, малий Сирет, Михідра.	0,007	0,25
3	Прут	Верхів'я Прута і його притоки до міста Чернівці	0,012	0,25
		Лівобережні притоки Прута до м. Чернівці, Дерелуй, Кам'янка.	0,010	0,25
4	Верхів'я Дністра і його праві притоки	Верхів'я Дністра (до впадіння в р.Стрий) і його притоки Стривж, Тисмениця, Клодниця, Березниця, Луква.	0,09	0,25
		Басейни річок Стрий, Опору, Свічі, Лімниці, Бистриці Солотвинської і Надвірнянської.	0,013	0,25

Шар стоку  $h_p$  різної забезпеченості визначається по даних про середній річний (із максимальних) шар стоку і значень коефіцієнтів варіації  $C_v$  і  $C_v/C_v$  по ординатах кривих трьохпараметричного або біноміального розподілу [3,7].

- Статистичні параметри шару стоку  $h_0$ ,  $C_v$ ,  $C_v/C_v$  визначаються по даних річок-аналогів (Додаток Г), або картах ізоліній: для річок Закарпаття – рис. 2.2.1 і 2.2.2, а для річок Прикарпаття - рис. 2.2.3 і 2.2.4. Ординати кривих трьохпараметричного

гамма-розподілу приведені в таблиці Г.2 додатку. Для річок з площею водозбору менше 200 км<sup>2</sup> вводяться коефіцієнти поправки згідно таблиці 2.2.2, що враховують збільшення  $C_v$  на малих водозборах .

- Ордината  $K$  визначається із співвідношення

$$K = h_p/h_o,$$

де  $h_p$  –шар стоку розрахункової забезпеченості, мм;

$h_o$  – норма статистичного ряду.

Таблиця 2.2.2 Коефіцієнти поправки ( $K$ ) до  $C_v$  шару стоку весняної повені для малих водозборів [4].

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	0-50	51-100	101-150	151-200
Коефіцієнти	1.25	1.25-1.2	1.2-1.15	1.15-1.05

Коефіцієнт  $\mu$ , що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку і максимальних витрат води, для забезпеченості  $P=1\%$  приймається рівним 1,0. Для інших забезпеченостей значення  $\mu$  районувані і приведені в таблиці 2.2.3.

Таблиця 2.2.3 Значення коефіцієнта  $\mu$  різної забезпеченості в формулі максимального стоку весняної повені і змішаних весняних паводків у формулі

СНиП 2.01.14-83 [6].

Басейн річки	Забезпеченість %							
	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	25
Тиса	1,10	1,08	1,04	1,00	0,93	0,90	0,83	0,7
Сірет	1,10	1,08	1,04	1,00	0,98	0,96	0,93	0,8
Верхів'я р. Прут і її притоки до м. Чернівці	1,04	1,03	1,02	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89
Верхів'я р. Дністер і її правобережні притоки	1,09	1,06	1,04	1,00	0,93	0,90	0,86	0,71



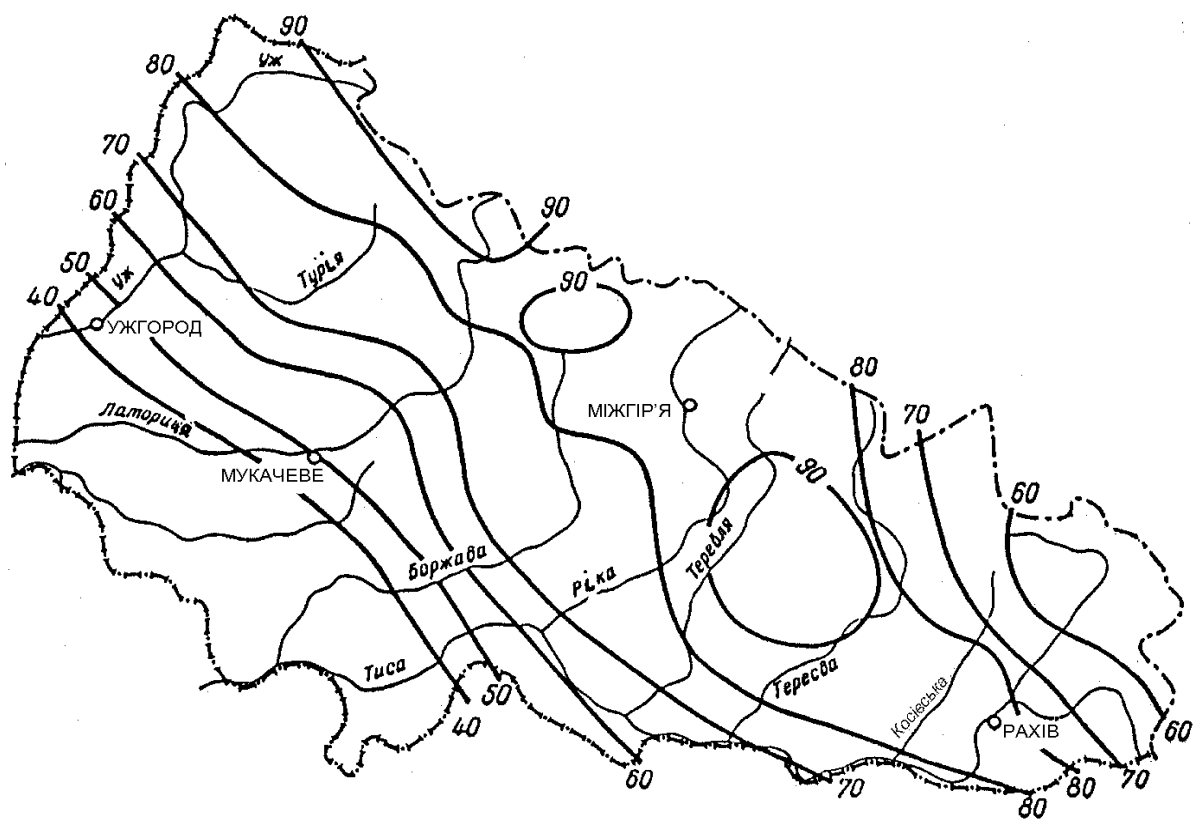


Рис. 2.2.1 Карта середнього шару тало-дощового стоку  $h_0$  (мм) річок Закарпаття [6]

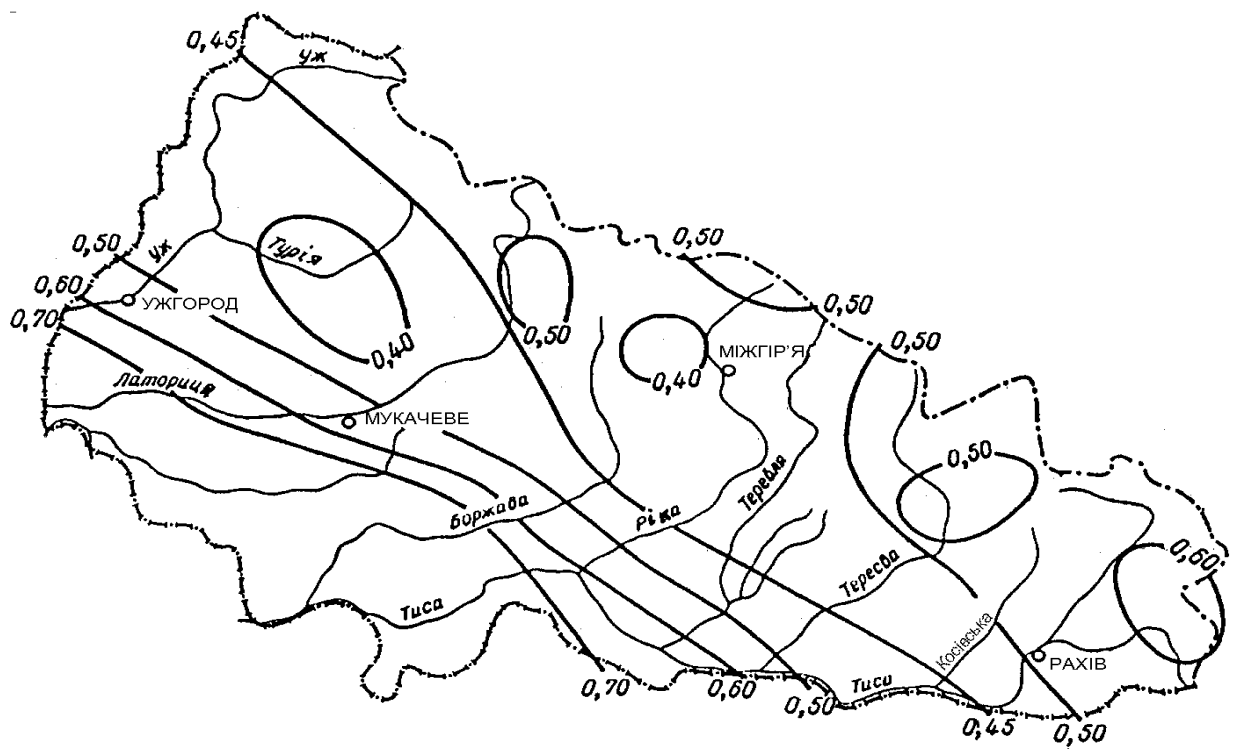


Рис.2.2.2 Карта коефіцієнта мінливості шару тало-дощового стоку  $C_v$  річок Закарпаття [6]

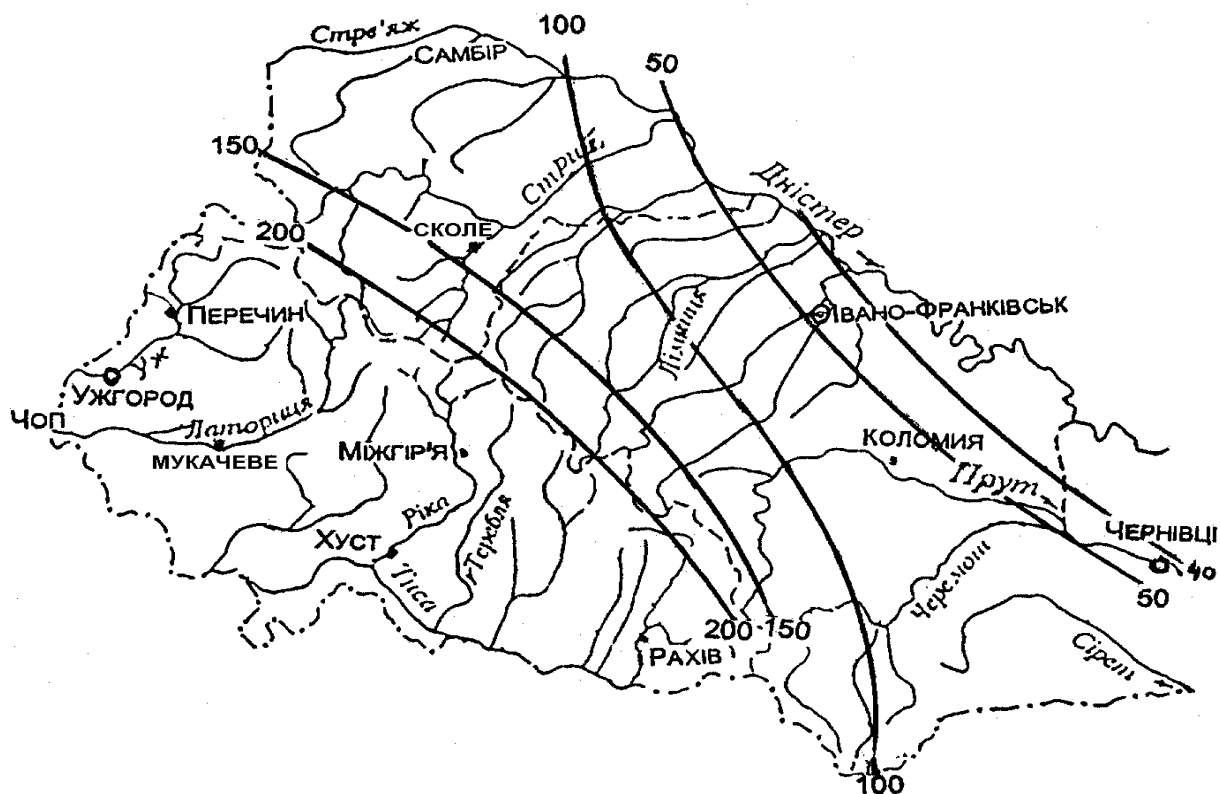


Рис. 2.2.3 Карта середнього шару стоку весняної повені  $h_0$  (мм) річок Прикарпаття [6]

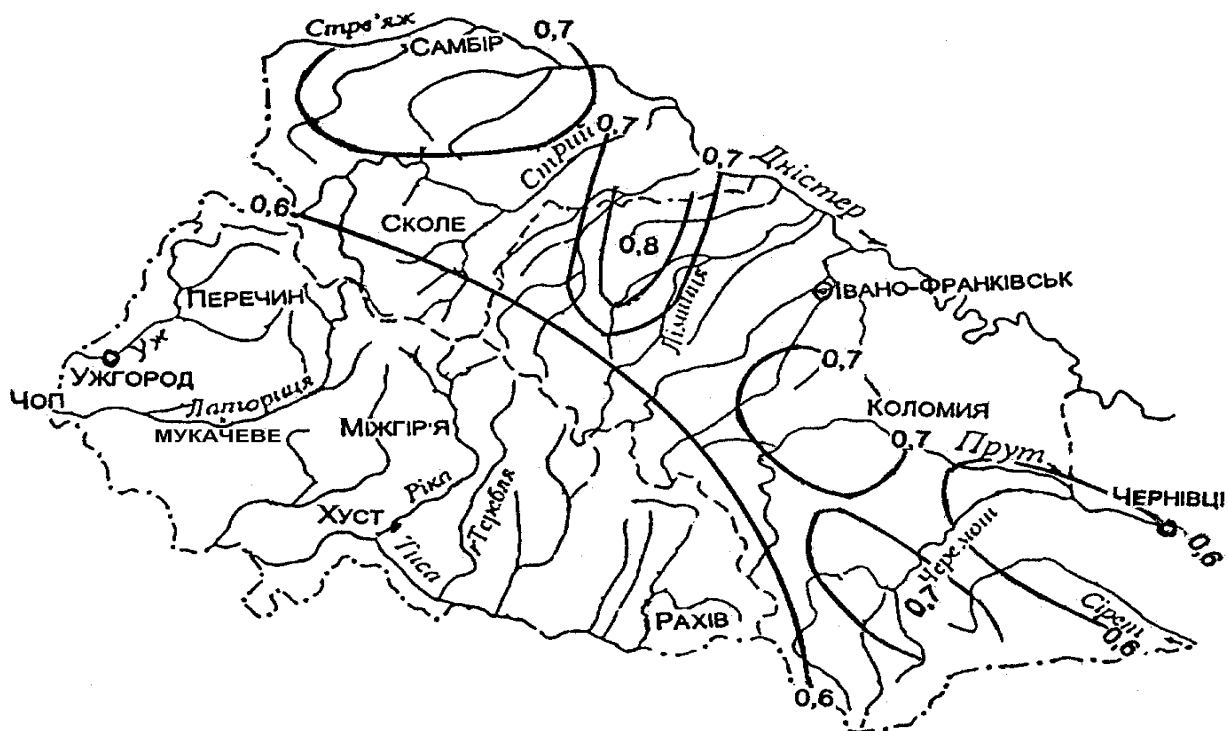


Рис.2.2.4 Карта коефіцієнту мінливості шару стоку весняної повені  $C_v$  річок Прикарпаття [6]

Коефіцієнт  $\sigma$  для, більшості річок Закарпаття, можна прийняти рівним 1 [8] із-за відсутності суттєвого зарегулювання стоку в басейнах річок.

*Визначення максимального стоку весняної повені і паводків змішаного походження за регіональною формулою В.І. Мокляка*

2.2.3 Регіональна формула граничної інтенсивності В.І. Мокляка для визначення максимального стоку весняної повені і весняних паводків змішаного походження за відсутності матеріалів спостережень представлена у вигляді

$$Q_p = 0,28 a_m \varphi F p r \lambda_p, \quad (2.2.2)$$

де  $Q_p$  – максимальна термінова витрата води ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) ймовірністю перевищення  $P\%$ ;

0,28 – коефіцієнт розмірності;

$a_m$  – максимальна інтенсивність водовіддачі ( $\text{мм/год}$ ) 1% ймовірності перевищення;

$\varphi$  - коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати;

$F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;

$p$  - коефіцієнт впливу лісистості, заболоченості і нерівномірності віддачі стоку з басейну;

$r$  – коефіцієнт впливу ставків і водосховищ;

$\lambda_p$  – перехідний коефіцієнт від максимальних витрат 1% забезпеченості до інших ймовірностей  $P\%$ .

Розрахунки за формулою граничної інтенсивності (2.2.2 ) необхідно виконувати у відповідності з рекомендаціями УкрНДГМІ [8, 9].

Головний розрахунковий параметр формули: інтенсивність водовіддачі  $a_m$ , районований і для груп басейнів річок приведений в таблиці 2.2.4, а також на карто-схемі рис. 2.2.5.

Коефіцієнт редукції максимальної витрати  $\varphi$  визначається в залежності від величини часу добігання  $\tau$  і його співвідношення з тривалістю водовіддачі у добах  $t_d$ . Визначається у відповідності з рекомендаціями приведеними в монографії [4].

Таблиця 2.2.4 Максимальна інтенсивність водовіддачі ( $a_m$ ) 1% ймовірності перевищення для річок Українських Карпат [9].

Басейн річки	Райони (в межах басейнів річок)	$a_m$ , 1% мм/ГОД
Тиса	1. Басейни річок Чорна і Біла Тиса, Шопурка, Косівська, Апшиця. 2. Басейни Тересви, Терембі, Ріки, Боржави, Латориці, Ужа.	19 25
Сирет	Сирет, Малий Сирет, Михідра	6
Прут	Верхів'я р. Прут і її притоки до м. Чернівці	9-15
Дністер	1. Верхів'я Дністра (до впадіння річки Стрий) і його притоки – Стривж, Березниця, Луква. 2. Басейни річок Стрий, Опір, Свіча, Бистриця Солотвинська і Бистриця Надвірнянська.	7-11 15-20

Коли  $n = \tau/t > 1$  ( $\tau > t_0$ ), коефіцієнт  $\varphi$  визначається за формулою

$$\varphi = \frac{0,28 + 0,07n}{1 + 2n}, \quad (2.2.3)$$

або приймається з таблиці Г.3 додатку

Коли  $n < 1$ , але  $\tau > 1$  доби

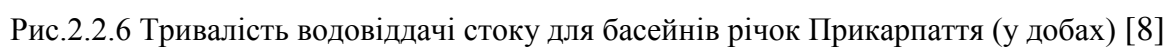
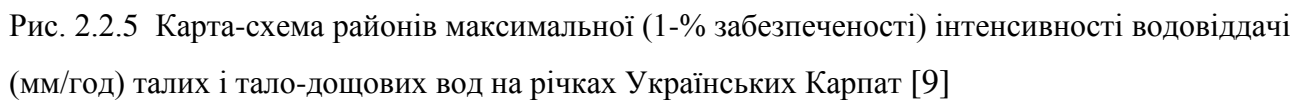
$$\varphi = \frac{0,35}{1 + 2n}, \quad (2.2.4)$$

або приймається з таблиці Г.3 додатку

Коли  $\tau < 1$  доби

$$\varphi = \frac{t_d}{0,92t_d - 0,24 + (1,94t_d + 5,95)\tau}, \quad (2.2.5)$$

або приймається з таблиці Г.3 додатку.



Час добігання (в добах) визначається за формулою

$$\tau = L / V, \quad (2.2.6)$$

де  $L$  – довжина водотоку, км;

$V$  – швидкість добігання, км/добу.

- Швидкість добігання визначається за формулою

$$V = a \Delta H^{1/3}, \quad (2.2.7)$$

де  $a$  – коефіцієнт форми і шорсткості русла. Для гірських річок з гальково – валуновим руслом коефіцієнт  $a$  приймається рівним 6; для русел складених переважними валунами з бурхливою пінистою течією – рівним 5; а для русел водоспадного типу – 4 км/добу.

$\Delta H$ - перепад рівнів, м.

- Коефіцієнт впливу лісів, боліт, і неоднорідності водовіддачі при сніготаненні ( $\rho$ ) визначається за формулою В.І. Мокляка (2.1.9), в залежності від часу добігання  $\tau$  і тривалості водовіддачі схилового стоку ( $t_\theta$ ) [10].

$$\rho = \frac{t_\theta + \tau}{mt_\theta + \tau} \quad (2.2.8),$$

де коефіцієнт  $m$ , яким враховується підвищений час водовіддачі  $t_\theta$  за рахунок впливу лісистості і заболоченості за формулою 2.2.9, або приймається з таблиці Г.3 додатку .

$$m = 1 + a \frac{f_\text{л}}{F} + \frac{f_\text{б}}{F} \frac{f_\text{л}}{F} + \frac{f_\text{б}}{F}, \quad (2.2.9)$$

де  $f_\text{л}$  і  $f_\text{б}$  – площа лісів і боліт, км<sup>2</sup>;

$a$  – коефіцієнт видового складу лісу, що для листяних лісів дорівнює 0,7, а для змішаних – 1;

- Тривалість водовіддачі схилового притоку  $t_\theta$  для басейнів річок Прикарпаття визначається з карти ізоліній ( рис. 2.2.6 ) [10] або таблиці Г.3 додатку . Для річок Закарпаття приймається рівною 5 добам.

- Перехідний коефіцієнт від максимальних витрат 1% забезпеченості до інших ймовірностей перевищення приймається з таблиці 2.2.5.

2.2.4 Формула В.І. Мокляка у порівнянні з формулою СНиП більш генетично враховує головні фактори формування талого стоку та гідрографічні характеристики водозбору, від яких безпосередньо залежить швидкість і час добігання  $\tau$  паводкової хвилі. Введення в формулу коефіцієнта редукції  $\varphi = f(n = \tau/t_\theta)$ , що враховує тривалість

водовіддачі і вплив гідрографії дозволяє більш правильно врахувати індивідуальні особливості басейну і запобігти заниженню максимальних витрат.

Таблиця 2.2.5 Перехідні коефіцієнти  $\lambda_p$  від максимальних витрат води (чисельник) і шарів стоку (знаменник) 1% забезпеченості до інших ймовірностей перевищення у регіональній формулі граничної інтенсивності В.І. Мокляка [9].

Басейн річки	Забезпеченість %							
	0,1	0,3	0,5	1,0	3	5	10	25
Тиса (Закарпаття)	<u>1,42</u>	<u>1,30</u>	<u>1,13</u>	<u>1,00</u>	<u>0,80</u>	<u>0,71</u>	<u>0,57</u>	<u>0,39</u>
	1,29	1,20	1,09	1,00	0,86	0,79	0,69	0,53
Сирет	<u>1,31</u>	<u>1,21</u>	<u>1,10</u>	<u>1,00</u>	<u>0,84</u>	<u>0,76</u>	<u>0,64</u>	<u>0,47</u>
	1,27	1,18	1,08	1,00	0,86	0,79	0,69	0,53
Прут і його притоки (до м. Чернівці)	<u>1,47</u>	<u>1,32</u>	<u>1,15</u>	<u>1,00</u>	<u>0,76</u>	<u>0,67</u>	<u>0,53</u>	<u>0,34</u>
	1,44	1,30	1,14	1,00	0,78	0,69	0,55	0,36
Верхів'я Дністра і його правобережні притоки	<u>1,50</u>	<u>1,32</u>	<u>1,16</u>	<u>1,00</u>	<u>0,77</u>	<u>0,66</u>	<u>0,52</u>	<u>0,32</u>
	1,38	1,23	1,11	1,00	0,83	0,74	0,62	0,45

## 2.3 ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ

2.3.1 Максимальні витрати і шар стоку дощових паводків визначаються у відповідності з п. 4.14-4.23 СНиП 2.01.14-83 з врахуванням рекомендацій та розрахункових параметрів УкрНДГМІ [3, 6, 8, 9], а також за регіональними методиками.

### *ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ У ВІДПОВІДНОСТІ З МЕТОДИКАМИ СНиП 2.01.14-83*

2.3.2 При наявності річки-аналога, при площі водозбору від 100 до 10000 км<sup>2</sup> і висоті більше 500 м максимальна витрата визначається за редуційними формулами (2.3.1 і 2.3.2) в залежності від співвідношення коефіцієнтів водозбору дослідної річки ( $K_\phi$ ) і річки-аналога ( $K_{\phi,a}$ )

$$K_\phi = \frac{L}{F^{0,56}},$$

$$K_{\phi,a} = \frac{L_a}{F_a^{0,56}},$$

де  $L$  – довжина річки від найвіддаленішої точки водозбору.

- При  $K_\phi \leq 1,5K_{\phi,a}$  максимальна витрата визначається за формулою

$$Q_{p\%,} = q_{p\%,a} \frac{\delta\delta_2}{\delta_a\delta_{2a}} \left(\frac{F_a}{F}\right)^n F = \frac{Q_{1\%,a}}{F_a} \frac{\delta\delta_2}{\delta_a\delta_{2a}} \left(\frac{F_a}{F}\right)^n F \lambda_{p\%} \quad (2.3.1)$$

де  $q_{p\%,a}$  і  $Q_{p\%,a}$  – відповідно, модуль(л/с км<sup>2</sup>) і максимальна миттєва витрата (м<sup>3</sup>/с) води річки – аналога, розрахункової ймовірності перевищення  $P_{\%}$ ,

$$q_{p\%,} = \frac{Q_{1\%,a}}{F_a} \lambda_{p\%}$$

$\delta, \delta_a$  – відповідно, для дослідної і річки-аналога річок, коефіцієнт пониження максимальної витрати проточними озерами, для річок Українських Карпат приймається рівним 1;

$\delta_2$  і  $\delta_{2a}$  – коефіцієнт пониження максимальної витрати заболоченістю водозбору, для річок Українських Карпат приймається рівним 1;

$n$  – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати із зростанням площі водозбору, приймається для гірських річок Українських Карпат рівним 0,4 [5].

$F, F_a$  – площі водозбору, км<sup>2</sup>;

- При  $K > 1,5$  максимальна витрата визначається за формулою

$$Q_{p\%} = q_{\%,a} \left(\frac{\Phi_a}{\Phi}\right)^{n_1} \frac{\delta}{\delta_a} F, \quad (2.3.2)$$

де  $n_i$  – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати із збільшенням руслового часу добігання, приймається рівним 1 [4].

$\Phi, \Phi_a$  – гідроморфометричні характеристики русел, що визначаються за формулою

$$\Phi = \frac{1000L}{m_p I_p^m F^{1/4}}, \quad (2.3.3)$$

де  $m, m_p$  – параметри, що залежать від характеристик русла;

$I_p$  – середньозважений похил русла річки, %.

- інші позначення ті ж, що у формулі (2.1.12).

Параметри  $m_p$  і  $m$  у формулі (2.3.3) приймаються з таблиці 2.3.1 [3].



Таблиця 2.3.1 Параметри  $m$  і  $m_p$  у формулі (2.3.3)

Характеристика русла і заплави	$m$	$m_p$ , м/хв.
Русла і водотоки із середніми похилами $I_p < 0,035$		
- Звивисті, частково зарослі русла великих і середніх річок; періодично пересихаючі водотоки, що транспортують у паводок велику кількість наносів.	0,33	9
- Сильно засмічені і звивисті русла періодичних водотоків	0,33	7
Русла і періодичні водотоки із середніми похилами $I \geq 0,035$	1	10

2.3.3 При відсутності річок-аналогів максимальні миттєві витрати води дощових паводків необхідно визначати за формулою

$$Q_{p\%} = q_{200} \left( \frac{200}{F} \right)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} F, \quad (2.3.4)$$

де  $q_{200}$  – модуль максимальної витрати ( $P_{1\%}$  при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$ ), приведений до площі 200 км<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>;

- коефіцієнти  $n, \delta, \delta_2$  – ті ж, що і в формулі 2.3.1;

-  $\delta_3$  – коефіцієнт, що враховує зміну  $q_{200}$  із висотою, визначається по матеріалах вивчених річок.;

- модуль максимальної витрати  $q_{200}$  визначається із таблиці Д1 додатку, або по карті рис. 2.3.1. [5];

-  $\lambda_{p\%}$  – перехідний коефіцієнт від максимальних витрат  $P=1\%$  до іншої ймовірності перевищення, визначається з таблиці 2.3.2;

Таблиця 2.3.2 Перехідні коефіцієнти ( $\lambda_p$ ) від максимальних витрат 1% забезпеченості до інших забезпеченостей у формулах 2.3.1; 2.3.2; 2.3.4 [5]

Район	Забезпеченість, %									
	0.1	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10	20	25
Закарпаття	1.61	1.28	1.16	1.00	0.85	0.74	0.63	0.47	0.33	0.29
Карпати	1.63	1.30	1.17	1.00	0.83	0.72	0.61	0.43	0.29	0.25

2.3.4 Максимальні миттєві витрати води під час дощових паводків для водозборів з площею 50-200 км<sup>2</sup> рекомендується визначати за формулою граничної інтенсивності стоку [3.5]

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \varphi H'_{1\%} \delta \lambda_{P\%} F \quad (2.3.5)$$

де  $q'_{1\%}$  - максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення  $P=1\%$ , що виражений в долях від добутку  $\varphi H'_{1\%}$  при  $\delta = 1$ , визначається з таблиці Д2 додатку [3], в залежності від гідроморфологічної характеристики русла  $\Phi_p$  (п.2.3.5) і тривалості схилового добігання  $\tau_{cx}$  (п.2.3.6);

- збірний коефіцієнт стоку (коефіцієнт паводкового стоку)  $\varphi$  визначається з таблиці 2.3.3(а) [11], а за наявності даних про ґрунти в басейні з таблиці 2.3.3 (б) [12].

$H'_{1\%}$  - максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення  $P=1\%$ , визначається по даних найближчих метеостанцій із найбільшим періодом спостережень (табл. Д 3 додатку, або з карти рис.2. 3.2).

- параметри  $\delta$ ,  $\lambda_{P\%}$  і  $F$  – ті ж, що у формулі 2.3.1.

2.3.5 Гідроморфологічна характеристика русла визначається за формулою

$$\Phi_p = \frac{1000L}{m_p I_p^m F^{1/4} (\varphi H'_{1\%})^{1/4}} \quad (2.3.6),$$

де  $m_p$  – гідравлічний параметр, що залежить від шорсткості русла і заплави, визначається з таблиці 2.3.1[4];

$m$  – параметр, що визначається із таблиці 2.3.1[4];

$I_p$  – середньозважений похил річки, ‰;

$L$  – довжина річки, км;

$F$ ,  $\varphi$ ,  $H'_{1\%}$  - ті ж, що у формулі 2.3.5

Довжина окремих річок приведені в таблицях додатків А і Б.

2.3.6 Тривалість схилового добігання визначається в залежності від гідроморфологічної характеристики схилів  $\Phi_{cx}$  (п. 2.3.7) з таблиці 2.3.4 [3];

2.3.7 Гідроморфометрична характеристика схилів  $\Phi_{cx}$  визначається за формулою

$$\Phi_{cx} = \frac{(1000l)^{1/2}}{m_{cx} I_{cx}^{1/4} (\varphi H'_{1\%})^{1/2}} \quad (2.3.7),$$

де  $l$  – середня довжина безруслових схилів водозбору, визначається з топографічних карт, а за їх відсутності шляхом розрахунку по даних додатку В і рис. 2.3.3 ,км;

$I_{cx}$  – поздовжній похил водозбору, ‰, його значення для окремих річок приведені в таблиці додатку В;

$m_{cx}$  - коефіцієнт, що характеризує шорсткість схилів водозбору. Визначається з таблиці 2.3.5

$\varphi$ ,  $H'_{1\%}$  - параметри, ті ж, що і в формулі 2.3.5.

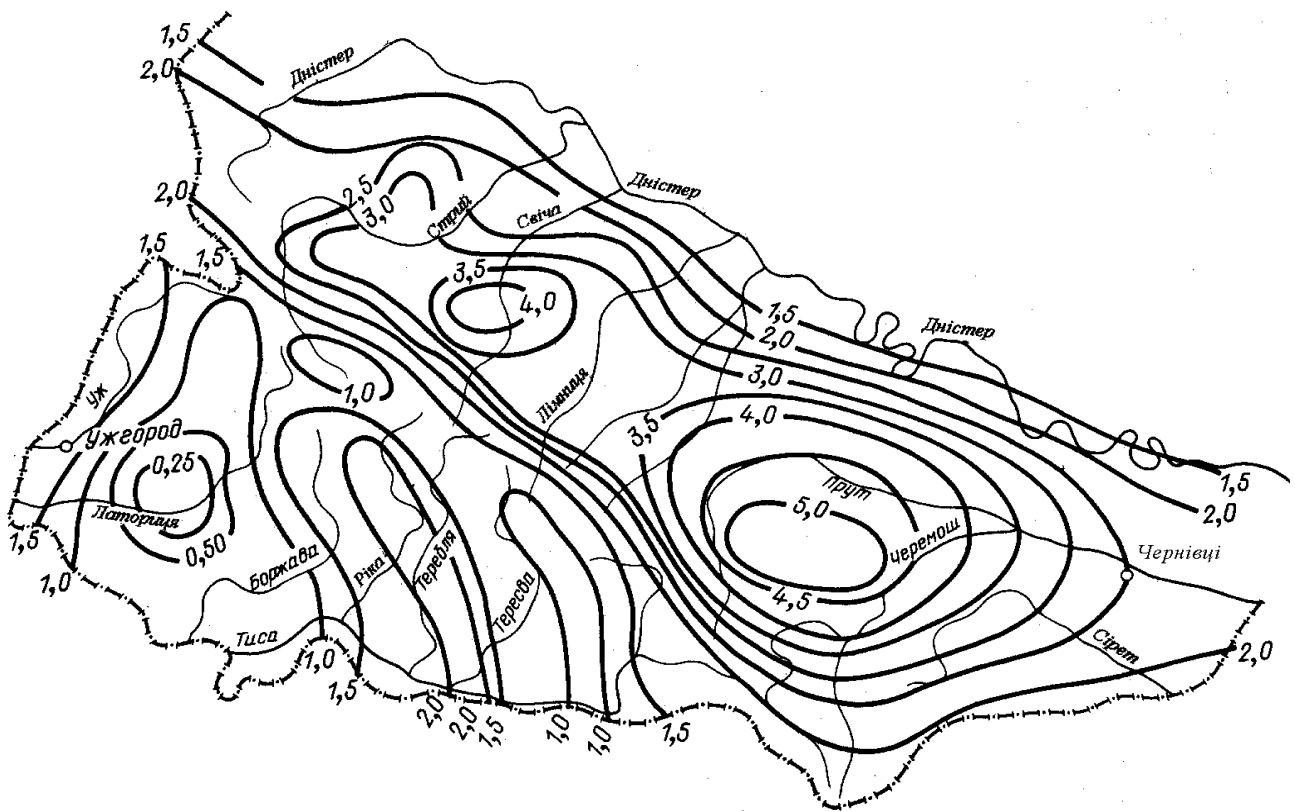


Рис. 2.3.1 Карта максимальних модулів дощового стоку ( $\text{м}^3/\text{с км}^2$ ) річок Українських Карпат ймовірністю перевищення  $P=1\%$ , для площі водозбору  $200 \text{ км}^2$  [5]

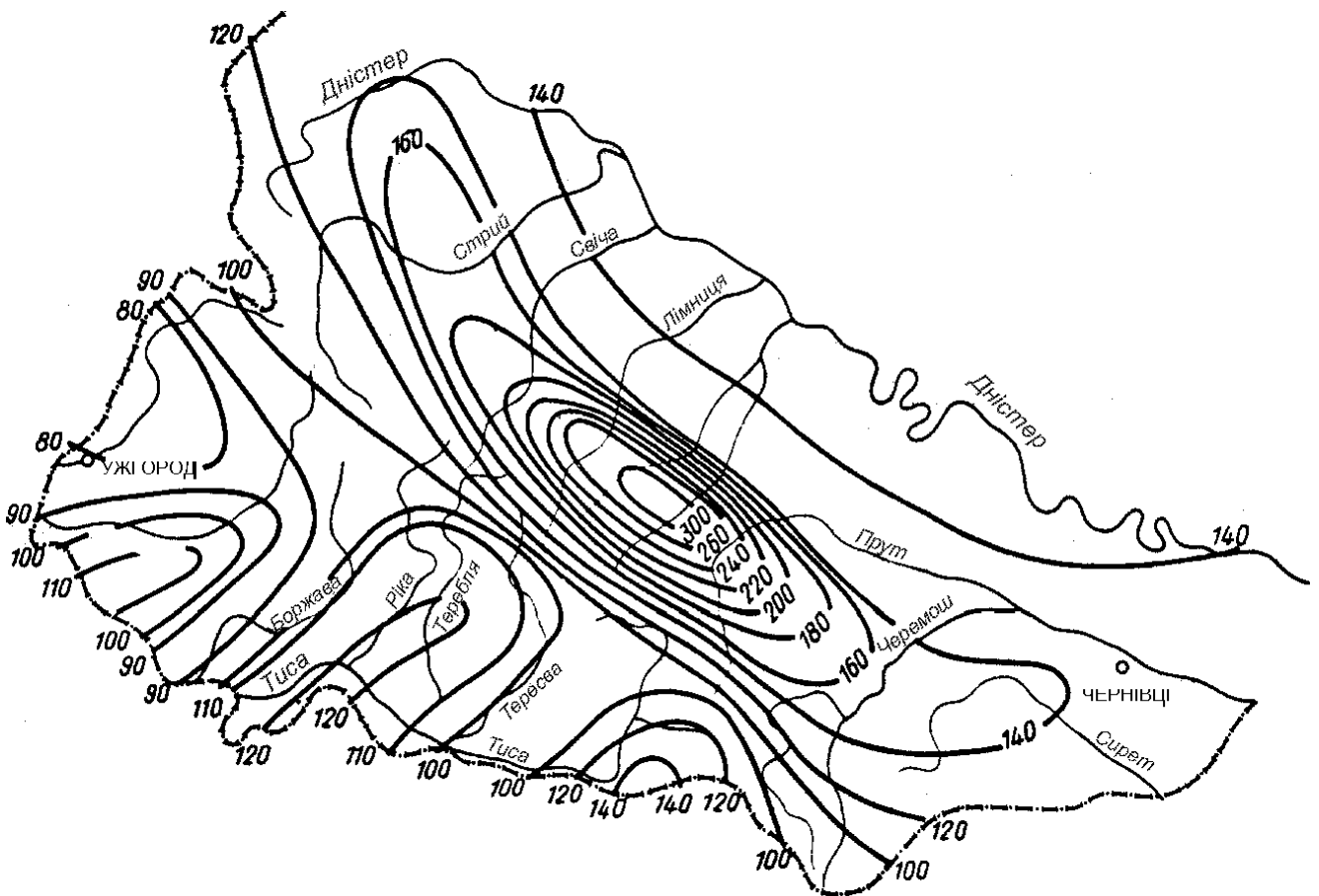


Рис. 2.3.2 Карти ізоліній максимального добового шару опадів (мм) на території Українських Карпат. Ймовірність перевищення  $P=1\%$  [5]

Таблиця 2.3.3(а) Коефіцієнти паводкового стоку ( $\varphi$ ), (до формул 2.3.5 і 2.3.8) [11].

Добовий шар опадів, мм	Площа водозбору, км <sup>2</sup>			
	<1.0	1.0-10	10-200	>200
≤80	0.65	0.60	0.55	0.45
81-100	0.75	0.70	0.65	0.60
101-150	0.85	0.80	0.70	0.65
151-200	0.90	0.85	0.75	0.70
>200	0.95	0.90	0.85	0.80

Таблиця 2.3.3(б) Коефіцієнти паводкового стоку ( $\varphi$ ), (до формул 2.3.5 і 2.3.8) [12].

Категорія грунту	Назва ґрунту	$H_{I\%}$ , (мм)	Площа водозбору, км <sup>2</sup>				
			≤1,0	0.1-1.0	1.0-10	10-100	≥100
1	Скала без тріщин	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	Жирно глиняні ґрунти, такири	≤80	0.80	0.70	0.65	0.65	0.60
		81-150	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80
		151-200	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
		≥200	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
3	Суглинки, легкі суглинки, сіроземні важкосуглинкові, підзолисті	≤80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45
		81-100	0.80	0.75	0.70	0.65	0.65
		101-150	0.85	0.80	0.75	0.65	0.65
		151-200	0.85	0.85	0.80	0.70	0.70
		≥200	0.90	0.90	0.80	0.75	0.75
4	Чорноземи звичайні і південні, світло і темно каштанові, карбонатні	≤80	0.55	0.54	0.45	0.35	0.20
		81-150	0.65	0.63	0.56	0.45	0.30
		151-200	0.75	0.70	0.65	0.55	0.40
		≥200	0.80	0.75	0.70	0.65	0.50
5	Супіски, сіроземи піщані і супіщані, буроземи	≤80	0.35	0.28	0.20	0.20	0.15
		81-150	0.45	0.35	0.25	0.25	0.20
		151-200	0.55	0.45	0.40	0.35	0.30
		≥200	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
6	Піщані, гравелисті, пухкі кам'яністі	-	0.25	0.20	0.15	0.10	0.10

Таблиця 2.3.4 Значення  $\tau_{cx}$  (хв.) в залежності від гідроморфометричної характеристики схилів водозбору  $\Phi_{cx}$  [4]

$\Phi_{cx}$	Закарпатська низина, Північні схили Карпат	Південно-західні схили Карпат
0,5	2,3	5
1,0	5,2	12
1,5	8	20
2,0	11	28
2,5	15	40
3,0	20	50
4,0	30	70
5,0	43	97
6,0	58	120
7,0	76	150
8,0	93	180
9,0	115	(200)
10,	140	(200)
12,0	190	(200)

Таблиця 2.3.5 Величина параметра  $m_{cx}$  в формулі 2.1.16, [15].

Характеристика поверхні схилів	Трав'яний покрив		
	рідкий або відсутній	звичайний	густих
Гладкі поверхні (асфальт, бетон)	0,50		
Ущільнена і спланована ґрунтова поверхня	0,40	0,30	0,25
Поверхні добре оброблені плугом і бороною, незорані, без купин, камінна мостова, поверхня в населених пунктах з забудовою менше 20%	0,30	0,25	0,20
Грубо оброблена оранкою поверхня, лісові завали, з купинами, а також поверхня в населених пунктах з забудовою більше 20%	0,20	0,15	0,10

## РЕГІОНАЛЬНІ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ

2.3.8 Для визначення максимального модуля стоку річок Українських Карпат з площею водозбору до 50 км<sup>2</sup> П.М. Лютиком рекомендована формула граничної інтенсивності П.Ф. Вишневського, представлена у вигляді [11];

$$Q_p = 16,67 \overline{\psi_p}(\tau) H_p \varphi \beta_{л,б} r F \quad (2.3.8),$$

де 16,67 – коефіцієнт переходу від інтенсивності опадів в мм/хв до модуля стоку в м<sup>3</sup>/(с. км<sup>2</sup>);

$\overline{\psi_p}(\tau)$  – ордината кривої редукції найбільшої інтенсивності опадів за час добігання  $\tau$ ;

$H_p$  – добовий шар опадів забезпеченістю  $P\%$ , мм;

$\beta_{л,б}$  – коефіцієнт, що враховує заболоченість і лісистість водозбору;

$r$  – коефіцієнт зарегулювання водозбору;

$\varphi$  – коефіцієнт паводкового стоку.

- Добовий шар опадів  $H_p$  визначається за формулою[5]

$$H_p = H_{1\%} \lambda_{p,он} + B_P \quad (2.3.9)$$

де  $H_{1\%}$  – максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення  $P=1\%$ , визначається як і у формулі (2.3.5);

– ордината кривої редукції найбільшої інтенсивності опадів за час добігання  $\tau$  ( $\overline{\psi_p}(\tau)$ ) визначається з таблиці Д 4 додатку . Границі районів показані на рис. 2.3.4 ;

- Значення параметрів  $\lambda_{p,он}$  і  $B_P$  визначаються в залежності від розрахункової забезпеченості із таблиці 2. 3.6 [5]

Таблиця 2.3.6 Значення параметрів  $\lambda_{p,он}$  і  $B_P$  в формулі 2.3.9

	Параметр	P%					
		0,1	0,3	1	2	5	10
Закарпатська низовина	$\lambda_{p,он}$	2,33	1,84	1,00	0,76	0,43	0,27
	$B_p$	-79	-57	0,00	10	29	31
Південно-західні схили Карпат	$\lambda_{p,он}$	233	1,53	1,00	0,71	0,41	0,30
	$B_p$	-90	-34	0,00	17	29	36
Південно-східна частина Карпат	$\lambda_{p,он}$	2,03	1,47	1,00	0,83	0,58	0,45
	$B_p$	-66	-31	0,00	7,5	20	24
Передкарпаття і північно-східні схили Карпат	$\lambda_{p,он}$	2,25	1,72	1,00	0,75	0,48	0,33
	$B_p$	-65	-44	0,00	10	21	26

Коефіцієнт заболоченості і лісистості водозбору  $\beta_{л,б}$  визначається за формулою О.В. Огієвського [15]

$$\beta_{л,б} = (1 - 0,5f_{л})(1 - 0,5f_{б}) \quad (2.3.10),$$

де  $f_{л}$  і  $f_{б}$  – відповідно, питома площа лісів і боліт в басейні (в долях від одиниці).

Коефіцієнт зарегулювання стоку визначається за формулою Г.О. Алексєєва [16]

$$r = \frac{1 - f_{оз}}{1 + 25f_{оз}} \quad (2.3.11),$$

де  $f_{оз}$  – питома площа озер, ставків і водосховищ в басейні (в долях від одиниці).

Коефіцієнт паводкового стоку  $\varphi$  визначається в залежності від площі водозбору і добового шару опадів із таблиці 2.3.3(а) [11] , або 2.3.3(б) [12] .

Час добігання води по басейну визначається за формулою [11]

$$\tau = K_{\tau} \cdot \tau_p = \frac{16,67K_{\tau}L}{V_p} \quad (2.3.12),$$

або з врахуванням швидкості руслового добігання за формулою Шезі – Алексєєва [11]

$$\tau = \frac{16,67K_{\tau}L}{aI^{1/3}Q_p^{1/4}} \quad (2.3.13),$$

де  $\tau$  і  $\tau_p$  – відповідно, час добігання води по басейну і руслу річки, хв;

$K_{\tau}$  - коефіцієнт пропорційності між часом басейнового і руслового добігання ( $K_{\tau} = \tau / \tau_p$ ), приймається в залежності від площі водозбору із таблиці 2.3.7

Таблиця 2.3.7 Значення коефіцієнтів  $K_{\tau}$  (у формулах 2.3.12 і 2.3.13)

Характеристика річок	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	$K_{\tau}$
Струмки	<10	2,5-2,0
Малі ріки	10-50	2,0-1,8
	50-100	1,8-1,6
Середні ріки:		
Закарпаття і південно-західні схили Карпат	>100	1,55
Північно-східні схили Карпат	>100	1,30
Верхів'я Дністра і його ліві притоки	>100	1,25

$a$  – параметр, що залежить від шорсткості русел річок. приймається в межах від 0,10 до 0,15 в залежності від шорсткості русла і заплави в середньому по всій її довжині [11] ;

$V_p$  – швидкість руслового добігання, визначається за формулою Шезі-Алексєєва або приймається орієнтовно для гірських районів – 2,0-3,0 м/с, передгірських – 1,5-2,0 м/с, рівнинних – 1,5 м/с.

Розрахунки за формулою 2.3.8 виконуються шляхом поступового наближення:

1) В залежності від географічного району (табл.Д.4 додатку ) вибирається крива редукції опадів  $\psi_p(\tau)$  за формулою 2.3.9 шар стоку добових опадів заданої забезпеченості  $H_p$ . Із таблиці 2.3.3(а) або 2.3.3(б) визначається коефіцієнт паводкового стоку  $\phi$  [13].

2) Приймається орієнтовно швидкість руслового добігання в межах 1.5-2.0 м/с і за формулою 2.3.12 визначається швидкість руслового добігання по басейну  $\tau'$ .

3) По координатах кривої редукції  $\psi_p(\tau)$  (табл.Д.4 додатку ) визначається ордината, що відповідає розрахунковій тривалості дощу  $\tau'$ . За формулою 2.3.8 визначається витрата  $Q_p$  у першому наближенні, оскільки швидкість руслового добігання приймалася орієнтовно.

4) По вирахованому значенню  $Q'_p$  і формулі 2.3.13 уточнюються значення часу добігання води і за попередньою схемою розрахунку повторно визначаються відповідні значення максимальної витрати. Підбір вважається закінченим, якщо вирахований  $Q_p$  відрізняється від попереднього не більше 5%.

2.3.9 Для річок Українських Карпат з площею водозбору більше 50 км<sup>2</sup> рекомендована регіональна формула П.М. Лютика [8]

$$Q_p = q_p F = \frac{B_{1\%}}{(F + c)^n} \beta_{л.б} r \lambda_p, \quad (2.3.14)$$

де  $q_p$  – максимальний модуль стоку (м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>) забезпеченістю Р%;

$B_{1\%}$  - елементарний модуль стоку 1% ймовірності перевищення, м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup> (рис2.3.5);



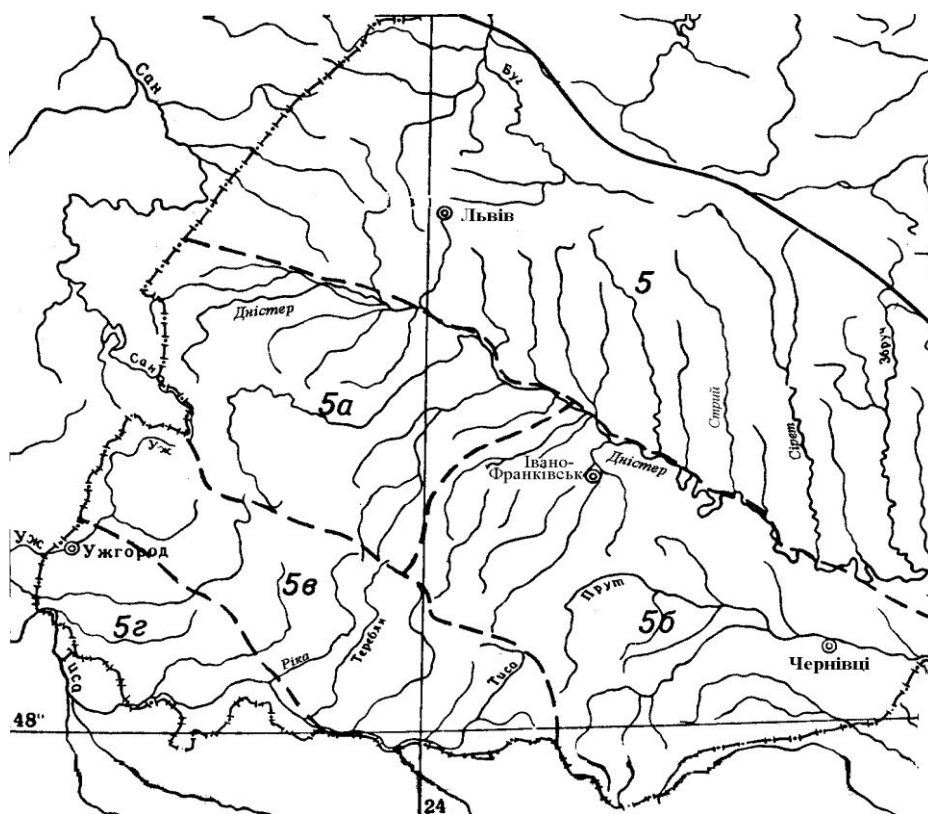


Рис. 2.3.4 Районування по типових кривих редукції опадів [4]

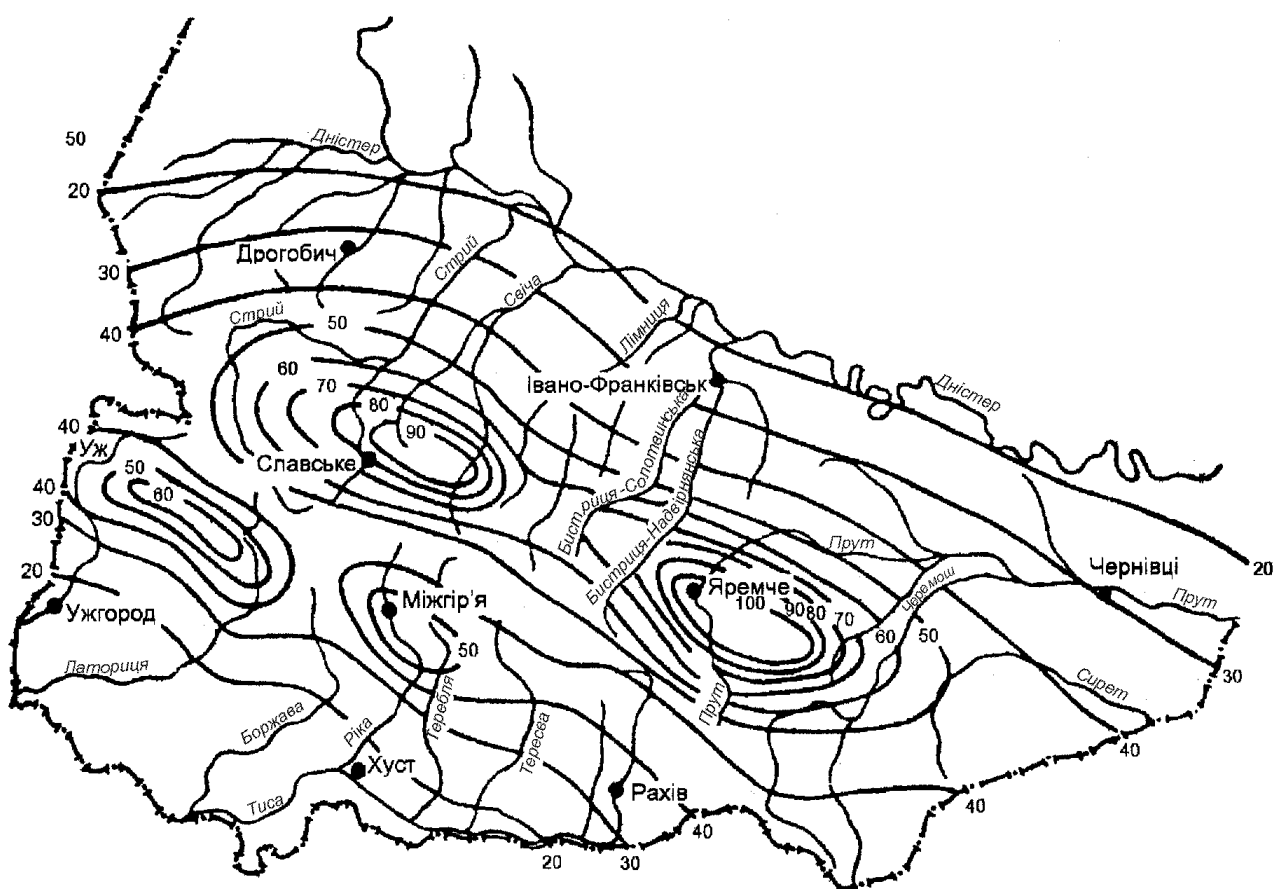


Рис. 2.3.5 Карта ізоліній параметра  $B_{1\%}$  (м³/с) на території Українських Карпат [11]

$\beta_{л,б}$  – коефіцієнти лісистості і заболоченості водозбору;

$r$  – коефіцієнт впливу озер, ставків і водосховищ;

$\lambda_p$  – перехідний коефіцієнт від 1% забезпеченості до інших (табл 2.3.2);

$F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>;

$c$  – коефіцієнт, що враховує зменшення редуції модуля стоку в зоні малих площ і приймається рівним 5;

$n$  – показник степені редуції максимального модуля по площі водозбору, що дорівнює 0,5.

2.1.19 Для розрахунків максимальних витрат дощових паводків річок Українських Карпат також використовується регіональна генетична формула “Львівдіпроводгоспу” (автор В.В. Вакалюк), що представлена у вигляді [17].

$$Qp = \left( \frac{0,28 Y_m \varphi K_F K_r F}{t_p} \right) \delta_1 \delta_2 \lambda K_n, \quad (2.3.15)$$

де  $Y_m$  – максимальний шар схилового притоку  $P_{\%}$ -ної забезпеченості, мм;

$\varphi$  – коефіцієнт діючого шару стоку;

$K_F$  – коефіцієнт редуції шару опадів по площі;

$K_r$  – гідрографічний коефіцієнт, що приймається рівним 1;

$t_p$  – час руслового добігання, год.;

$\delta_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив лісистості водозбору;

$\delta_2$  – коефіцієнт, який враховує вплив зарегулювання стоку ставками та водосховищами;

$\lambda$  – коефіцієнт ймовірності перевищення зливових максимумів;

$K_n$  – перехідний коефіцієнт від максимальних миттєвих максимумів до середньодобових витрат.

- Формула прийнятна для визначення зливових витрат води водотоків з площею водозбору від найменших ділянок до 2000 км<sup>2</sup>.
- Максимальний шар схилового притоку  $Y_m$  1%-ної ймовірності перевищення слід визначати за картою (рис. 2.3.6) для центру тяжіння розрахункового басейну, мм.
- Коефіцієнт діючого шару стоку  $\varphi$  показує, яка частина притоку при заданому часі добігання бере участь у формуванні максимальної витрати води і визначається за емпіричними формулами 2.3.16; 2.3.17, або з таблиці Д 5 додатку.

а) для водотоків Закарпаття:

$$\varphi = 2,70 \frac{t_p}{T_0} \left[ 1 - \frac{\left( \frac{t_p}{T_0} \right)^{0,60}}{1,6} \right], \quad (2.3.16)$$

б) для Прикарпаття

$$\varphi = 2,20 \frac{t_p}{T_0} \left[ 1 - \frac{\left( \frac{t_p}{T_0} \right)^{0,86}}{1,86} \right], \quad (2.3.17)$$

де  $T_0$  – тривалість схилового притоку, яка прийнята рівною 60 годин.

Значення  $\varphi$ , вираховані за формулами (2.3.16) і (2.3.17), приведені в таблиці Д 5 додатку.

- Коефіцієнт редукції шару опадів по площі визначається за формулою

$$K_F = \frac{1}{(1 + 0,00257F)^{0,68}} \quad (2.3.18)$$

- Гідрографічний коефіцієнт  $K_F$  приймається рівним 1,0.
- Час руслового добігання  $t_p$  визначається співвідношенням

$$t_p = L/V, \quad (2.3.19)$$

де  $V$  – швидкість руслового добігання повені, км/год.

$$V = bF^{0,32} i_{cp.36}^{0,20}, \quad (2.3.20)$$

де  $b$  – параметр, числові значення якого наведені в табл. 2.3.8

Таблиця 2.3.8 Величини параметра  $b$

$F, \text{ км}^2$	0-5	5	10	20	30	40	50	100
$b$		3,4	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3
$F, \text{ км}^2$	200	300	400	600	800	1000	1500	> 1500
$b$	2,00	1,60	1,20	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30



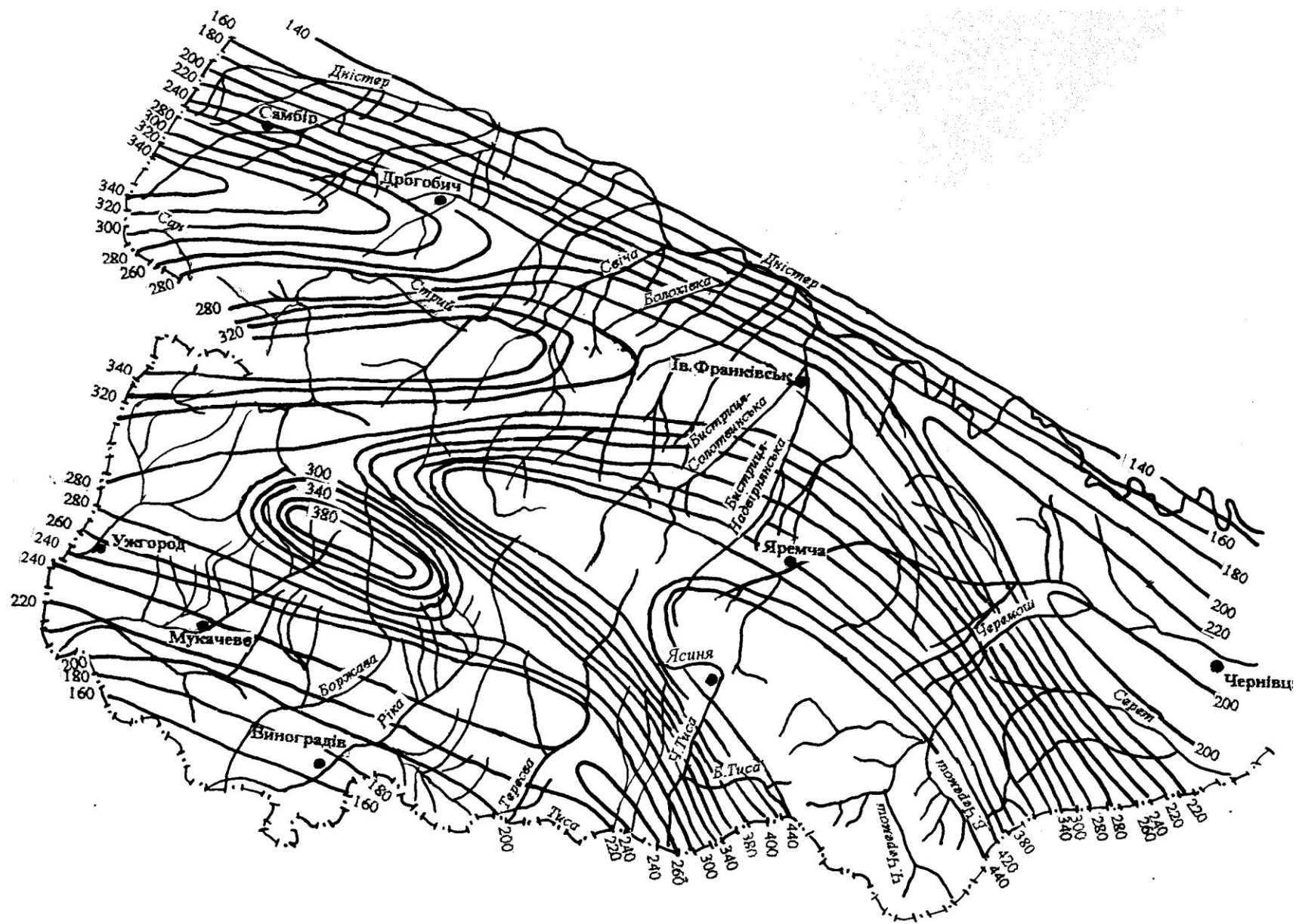


Рис. 2.3. 6 Максимальний шар схилового притоку 1%-ної ймовірності перевищення (мм) [17]

- Коефіцієнт врахування заліснення  $\delta_1$  визначається за формулою

$$\delta_1 = 1 - 0,25f_n, \quad (2.1.23)$$

де  $f_n$  – питома лісистість водозбору, або за табл. 2.3.9

Таблиця 2.3.9 Значення коефіцієнта  $\delta_1$

$F_L$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\delta_1$	1,0	0,98	0,95	0,92	0,90	0,88	0,85	0,82	0,80	0,78	0,75

- Коефіцієнт штучної зарегулювання  $\delta_2$  вираховується за відомими формулами Г.А. Алексєєва та В.І. Мокляка або приймається рівним 1,0, якщо на водозборі немає крупних водосховищ.
- Коефіцієнт переходу від максимальних миттєвих максимумів  $K_n$  до середньодобових витрат приймається за табл. 2.3.10.

Таблиця 2.3.10 Величини коефіцієнтів  $K_n$

$F, \text{ км}^2$	1	3	10	50	100	200
$K_n$	0,07	0,10	0,17	0,38	0,48	0,56
$F, \text{ км}^2$	300	500	700	1000	1500	2000
$K_n$	0,60	0,66	0,70	0,75	0,80	0,83

- Значення перехідних коефіцієнтів  $\lambda$  приймаються за даними таблиці 2.3.11

Таблиця 2.3.11 Перехідні коефіцієнти  $\lambda$

$P\%$	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	25	50
$\lambda$	3,10	2,30	1,30	1,0	0,8	0,64	0,52	0,37	0,20	0,11

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ СТОКУ НАНОСІВ ГІРСЬКИХ РІЧОК

#### 3.1 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДБОРУ ПРОБ РУСЛОВИХ ВІДКЛАДІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСІВ

3.1.1. Від правильного відбору проб руслових наносів і їх способу подання для використання залежить достовірність оцінки основних руслових і гідравлічних характеристик та надійність інженерних заходів на гірських річках.

3.1.2 Місця відбору проб руслових наносів на відповідній ділянці русла залежать від типу руслових форм (типу руслового процесу). На боковику або на середньому осередку назначаються характерні місця для відбору проб руслових відкладів (ложа русла). Кількість проб залежить від руслової ситуації, але не повинна бути менше трьох.

3.1.3. В результаті відбору проб наносів і їх гранулометричного аналізу необхідно отримати такий мінімум інформації:

- Значення середньозваженого діаметра шару самовимощення ложа русла

$$D_{cp.36}=0,01 \sum_{i=1}^n P_i d_i ; \quad (3.1.1)$$

- значення крупності частинок наносів поверхневого шару з ймовірністю перевищення 95% ( $d_{max}$ );

- значення середньозваженого діаметра руслових відкладів ложа русла, а при необхідності і заплави  $d_{cp.36}=0,01 \sum_{i=1}^n P_i d_i$  (підстилкової основи, яка залишилась після відбору шару самовимощення – при аналізі не враховується проба самовимощення );

- значення коефіцієнта неоднорідності руслових відкладів (без врахування шару самовимощення )  $S_0 = \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}}$ , яке змінюється для річок Карпат в діапазоні від 0,2 до 0,5 (для самовимощення від 0,5 до 0,8);

- форма частинок руслових відкладів, а при необхідності і їх петрографічний склад.

3.1.4. В залежності від крупності наносів площа місця відбору шару самої відмостки може змінюватися від 1 до 2 м<sup>2</sup>. Глибина шурфу залежить від необхідної маси проби, але не менше 0,5 м.

3.1.5. Маса проби руслових відкладів (без врахування маси проби шару самовимощення) визначається за формулою

$$M_{nn} = 2 \frac{d_{95}}{d_1}, \text{ кг}, \quad (3.1.2)$$

де  $M_{nn}$  – маса проби наносів;

$d_{95}$  – діаметр частинок проби наносів з ймовірністю повторення 95% по кривій гранулометричного складу (середній діаметр максимальних розмірів частинок наносів на ділянці ложа русла, розміщених на поверхні руслових форм), в мм;

$d_1$  – діаметр частинок проби наносів, рівний 1 мм.

3.1.6. Для оцінки форми частинок наносів необхідно оцінити кореляційний зв'язок розмірів окремих характерних частинок в трьох взаємно перпендикулярних напрямках за співвідношенням

$$\frac{l}{d_{cp}} : \frac{b}{d_{cp}} : \frac{c}{d_{cp}}, \quad (3.1.3)$$

де  $l, b$  і  $c$  – відповідно, довжина, ширина і товщина (мінімальний розмір) частинки;

$d_{cp}$  – середній розмір частинки, який визначається за формулою

$$d_{cp} = \sqrt[3]{lbc} \quad (3.1.4)$$

Для річок Карпат кореляційний зв'язок (3.1.3) розмірів частинок руслових відкладів коливається орієнтовно від такого співвідношення

$$1,56 : 1,06 : 0,68$$

Таким чином, значення  $d_{95}$  для формули (3.1.2) необхідно визначати в відповідності з середнім розміром (шириною частинки), що для мілких фракцій ( $d \leq 40$  мм) дорівнює розмірам отворів в ситах.

3.1.7. За традиційними методиками визначаються твердість і питома вага частинок наносів. Для руслових відкладів річок Українських Карпат частинки переважно мають еліпсоподібну форму, складені з піщаника і в середньому мають питому вагу  $\rho_n = 2650 \text{ кг/м}^3$  (від  $2500 \text{ кг/м}^3$  для частинок до 10 мм і до  $2700 \text{ кг/м}^3$  для частинок  $d \geq 10$  мм).

3.1.8. Значення коефіцієнта неоднорідності руслових відкладів для орієнтовних розрахунків можна вираховувати за формулою О.С. Більчука [45]

$$S_0 = \frac{0,6d_{cp.ж}}{D_{cp.ж}} \quad (3.1.5)$$

3.1.9. В залежності від ступеню неоднорідності руслових відкладів середньозважений діаметр шару самовимощення рекомендується визначати за формулою [18]



- при  $S_0 < 0,7$

$$D_{cp.ж} = \frac{0,8d_{cp.ж}}{S_0^{0,9}}; \quad (3.1.6)$$

- при  $S_0 > 0,7$

$$D_{cp.ж} = \frac{d_{cp.ж}}{S_0^{0,3}} \quad (3.1.7)$$

3.1.10. Значення абсолютної висоти виступів шорсткості наносів гірських річок рекомендується визначати за формулою

$$\Delta_{cp.ж} = \frac{0,7d_{cp.ж}}{S_0} \quad (3.1.8)$$

3.1.11. Значення гідравлічної крупності частинок наносів гірських річок рекомендується визначати за формулою В.В. Романовського [34]

$$W = (2,4\Theta - 0,7) \sqrt{\frac{\rho_n - \rho}{\rho} g d_{cp}}, \quad (3.1.9)$$

де  $\Theta$  - критерій форми частинок, який для кулястих дорівнює 1, для еліпсоподібних – 0,8 і пластинкових – 0,5;

$d_{cp}$  – середній діаметр частинок наносів.

3.1.12. Гідравлічний опір ложа русла гірських річок оцінюється загальними характеристиками, а саме:

- коефіцієнт Шезі  $C$ ;
- коефіцієнт гідравлічного опору (тертя)  $\lambda$ ;
- коефіцієнт шорсткості  $n$ .

Взаємозв'язок між коефіцієнтами  $C$ ,  $\lambda$ , і  $n$  визначається за формулами

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}; \quad (3.1.10)$$

$$\lambda = \frac{2g}{C^2}, \quad (3.1.11)$$

де  $R$  – гідравлічний радіус, який приймається рівним середній глибині для плоского потоку (при  $B/h \geq 7$ );

$g$  – прискорення сили земного тяжіння.

Значення коефіцієнта  $C$  рекомендується визначати за формулами

$$C = 23 \left( \frac{h_{ф.р}}{D_{cp.ж}} \right)^{1/6}; \quad (3.1.12)$$

$$C = 23,6 \left( \frac{hS_0}{d_{cp.ж}} \right)^{1/6} \quad (3.1.13)$$

Формула (3.1.11) використовується для оцінки стану динамічної рівноваги системи “потік – русло”.

Значення коефіцієнта шорсткості ложа алювіального русла визначається за формулами

$$n = 0,0435 D^{1/6}_{cp.ж}; \quad (3.1.14)$$

$$n = 0,0424 \left( \frac{d_{cp.ж}}{S_0} \right)^{1/6} \quad (3.1.15)$$

Значення коефіцієнта гідравлічного опору  $\lambda$  визначається за формулою

$$\lambda = \Psi \lambda_{\Delta}, \quad (3.1.16)$$

де  $\lambda_{\Delta}$  - коефіцієнт гідравлічного опору зернистої шорсткості ложа русла або заплави, який визначається за формулою (при  $h / \Delta = 5-80$ )

$$\lambda_{\Delta} = (4 \lg h / \Delta + 4,25)^{-2}; \quad (3.1.17)$$

$\Psi$  - емпіричний коефіцієнт, який враховує вплив руслових форм в загальному гідравлічному опорі.

Коефіцієнт  $\Psi$  визначається за формулами 4.2.2 – 4.2.8 (в залежності від типу русла):

Для русел гірських річок Українських Карпат значення коефіцієнта  $\Psi$  змінюється в діапазоні від 1,0 до 1,2 (скельні русла  $\Psi=1,08$ ; стиснені русла -  $\Psi=1,1$ ; обмежене меандрування -  $\Psi=1,13$ ; осередкове русло -  $\Psi=1,18$ ; каналізоване русло -  $\Psi=1,2$ ; і вільне меандрування -  $\Psi=1,22$ ).

3.1.13 Гідрологічні характеристики річок визначаються на основі результатів спеціальних натурних досліджень і матеріалів стаціонарних та експедиційних досліджень Гідрометслужби, що опубліковані в офіційних виданнях.

3.1.14 В таблиці Е1 додатку приведені основні руслові і гідравлічні характеристики річок Українських Карпат отримані в результаті багаторічних натурних досліджень, у відділі гідротехніки ІГіМ. Максимальні витрати води за багаторічний період спостережень приведені по матеріалах спостережень Гідрометслужби до 1999 р.

3.1.15 В результаті проходження максимальних паводків в 1998 і 2001 роках відбулися значні переформування русел річок, в результаті яких змінилися не лише

морфологічні характеристики русел, а і характеристики руслових відкладів по довжині річки. Для проведення інженерних розрахунків необхідне проведення спеціальних пошукових досліджень. Приведені в таблиці Е1 додатку матеріали можна використовувати лише для наближених попередніх розрахунків.

3.1.16 Матеріали спостережень за мутністю потоку і стоком завислих наносів по матеріалах гідрометслужби [19] приведені в таблиці Е 2 додатку.

## 3.2 ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ НАНОСІВ

3.2.1 Гранулометричний аналіз руслових відкладів, донних і завислих наносів полягає в визначенні розмірів і кількісного співвідношення частинок ґрунту у пробі.

Методи розподілу проби наносів на окремі фракції визначаються в залежності від гранулометричного складу ґрунту.

3.2.2 Для гранулометричного аналізу руслових відкладів і донних наносів русел гірських річок, що складені незв'язними алювіальними відкладами використовується ситовий аналіз у комбінації з простим обміром валунових і крупногалькових фракцій. Для визначення гранулометричного складу поверхневого шару самовимощення допускається використання методу фотографування.

3.2.3 Гранулометричний аналіз завислих наносів виконується комбінованим методом просіювання (для фракцій діаметром більше 0,5 мм) і фракціометра або аерометричним методом.

Порядок і приклад гранулометричного аналізу на фракціометрі ГР-82 [20] приведено в додатку.

3.2.4 Для аналізу річкових донних наносів використовується класифікація часток за розмірами, що приведена в табл. 3.2.1(а), або згідно ГОСТ 12536-79 рекомендуються класифікації, що приведені в табл. 3.2.1(б) 3.2.1(в).

Таблиця 3.2.1(а). Класифікація наносів за крупністю [20] .

Підфракція	Діаметр частинок, мм						
	Валуни	Галька	Гравій	Пісок	Пил	Мул	Глина
Крупні	1000-500	100-50	10-5	1-0,5	0,1-0,05	0,01-0,005	0,001
Середні	500-200	50-20	5-2	0,5-0,2	-	-	-
Дрібні	200-100	20-10	2-1	0,2-0,1	0,05-0,02	0,005-0,001	-

Таблиця 3.2.2(б) Класифікація часток ґрунтів (ГОСТ 12536-79 ).

Фракція	Розмір часток, мм
Ввлуни, брили, каміння	>60
Галька, щебінь	60-10
Гравій, жорства, хрящ	10-2
Піщана:	
крупна	2-0.5
середня	0.5-0.25
дрібна	0.25-0.10
тонка	0.10-0.05
Пилувата :	
крупна	0.05-0.01
дрібна	0.01-0.005
Глиняна	< 0.005

Таблиця 3.2.2(в) Класифікація крупнообломкових і піщаних ґрунтів (ГОСТ 12536-79 ).

Ґрунт	Вміст часток	
	крупністю, мм	% від маси сухого ґрунту
Крупнообломковий:		
валуновий (бриловий)	>200	>50
гальковий (щебенистий)	>10	>50
гравійний (жорствяний)	>2	>50
Піщаний:		
пісок		
гравелистий	>2	>25
крупний	>0.5	>50
середньої крупності	>0.25	>50
дрібний	>0.1	≤75
пилуватий	>0.1	< 75

## 3.2.5 Основним методом визначення гранулометричного аналізу руслових

відкладів у польових умовах є ситовий метод у комплексі з обмірами фракцій з розмірами, що перевищують граничний діаметр сит.

Для аналізу використовуються стандартні набори сит. Допускається використання саморобних каліброваних сит більшого діаметру.

3.2.6 Місця відбору, площа і глибина шурфа визначається згідно рекомендацій пунктів 3.1.4, 3.1.5 посібника. Досліди проводяться у трьохкратній повторності на кожній з ділянок річки.

Наноси із шурфа розділяються на дві групи: самовимощення і підстильова основа. Аналізи виконуються окремо для кожної групи.

3.2.7 На першому етапі виконуються обміри наносів із діаметром, що перевищує граничний діаметр сит. Валуни розділяються на окремі фракції візуально. Кожний із них обмірюється і зважується на стрілкових польових вагах. Для кожної фракції визначається загальна маса і середні розміри.

3.2.8 Наноси, що передбачається просіювати, розкладаються на поліетиленовій плівці і попередньо просушуються на сонці, зацементовані агрегати подрібнюються.

Просушені проби просіюються на наборах сит, наноси розкладаються на куски поліетиленової плівки пофракційно і зважуються.

3.2.9 Після пофракційного зважування визначається загальна маса проби самовимощення і окремо підстильової основи та відсотковий вміст кожної фракції.

3.2.10 Для визначення гранулометричного складу проби наносів у цілому (без врахування самовимощення) маса однорідних фракцій наносів самовимощення і підстильової основи додаються.

3.2.11 Коли для аналізу береться тільки частина загальної проби, то відбирається середня проба. Для отримання середньої проби загальна проба ретельно перемішується і об'ємним або ваговим шляхом розподіляється на 6 – 8 рівних частин. З кожної частини відбирається у середню пробу однакова кількість наносів. Середня проба зважується і визначається її вагова доля у загальній пробі. Після гранулометричного аналізу середньої проби результати перераховуються на загальну.

3.2.12 Для обмірів наносів великих фракцій використовується рулетка або спеціальний пристрій, що виготовлений із оргскла і складається із трьох взаємно перпендикулярних площин з градуванням, яке нанесене через 10 мм.

При необхідності крупні наноси також поділяються на фракції 50 – 100; 100 – 200 та 200 – 500 мм. Групування частин на фракції виконується по двох менших

розмірах.

### 3.3 МЕТОДИ ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ НАНОСІВ

3.3.1 Результати гранулометричного аналізу руслових відкладів виражаються у вигляді графічних побудов, які можна розділити на 2 групи: ілюстративні і кількісні.

3.3.2 До ілюстративних відносяться гістограми, циклограми і трикутні діаграми.

На гістограмах вміст кожної фракції послідовно виражається у вигляді прямокутників, висота яких відображає долю кожної фракції у відсотках від загальної маси проби (рис. 3.3.1).

На циклограмах відсотковий вміст фракцій відображається у вигляді секторів круга. Одному відсотку відповідає сектор з кутом  $3,6^{\circ}$  (рис. 3.3.2).

Трикутні діаграми використовуються для наочного зображення генетичної класифікації порід. На кожній із сторін трикутника у відсотках відкладається вміст трьох основних фракцій наносів [20] .

3.3.3 Для кількісного вираження гранулометричного складу наносів використовуються інтегральні криві гранулометричного складу наносів.

Інтегральні криві головним чином будуються у викривленому або напівлогарифмічному масштабі.

Перед побудовою складається розрахункова таблиця, в якій записуються діаметри фракцій і відповідний їм вміст фракцій в наростаючому порядку у відсотках, а також послідовні суми вмісту фракцій за наростанням.

3.3.4 Для побудови інтегральної кривої у викривленому масштабі на вертикальній вісі відкладається у звичайному масштабі сумарна кількість фракцій у відсотках. На горизонтальній вісі відкладаються рівні відрізки довільного (в залежності від формату листа) розміру і біля них надписуються значення діаметру фракцій (рис.3.3.3 ).

За даними допоміжної таблиці наносяться точки, які з'єднуються між собою.

В залежності від вибраної довжини відрізків визначається горизонтальний масштаб кожного інтервалу діаметрів фракцій. Для довжини відрізків 7 мм масштаби фракцій приведені в табл. 3.3.1.

Таблиця 3.3. Масштаб фракцій для інтегральної гранулометричної кривої (у викривленому масштабі)

Діаметр фракції, мм	Масштаб (в 1 мм графіку), мм	Діаметр фракції, мм	Масштаб (в 1 мм графіку), мм
0,001	0,0001	0,5-1,0	0,005
0,001-0,005	0,0004	1-2	0,1
0,005-0,01	0,0005	2-5	0,3
0,01-0,05	0,004	5-10	0,5
0,05-0,1	0,005	10-20	1,0
0,1-0,2	0,01	20-50	3,0
0,2-0,5	0,03	50-100	5,0

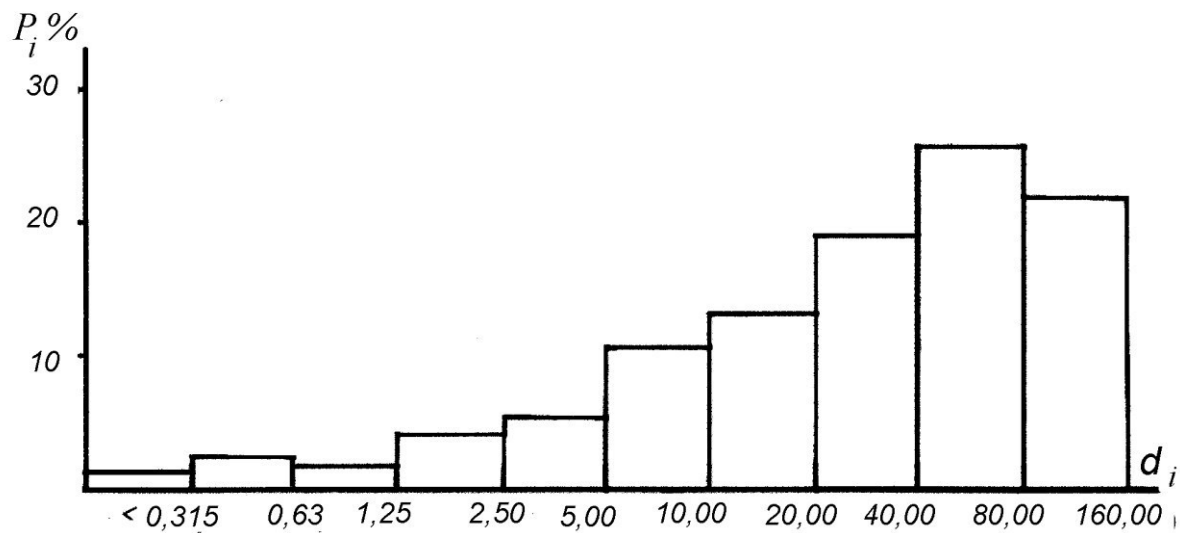


Рис. 3.3.1 Гістограма фракційного складу наносів р.Стрий

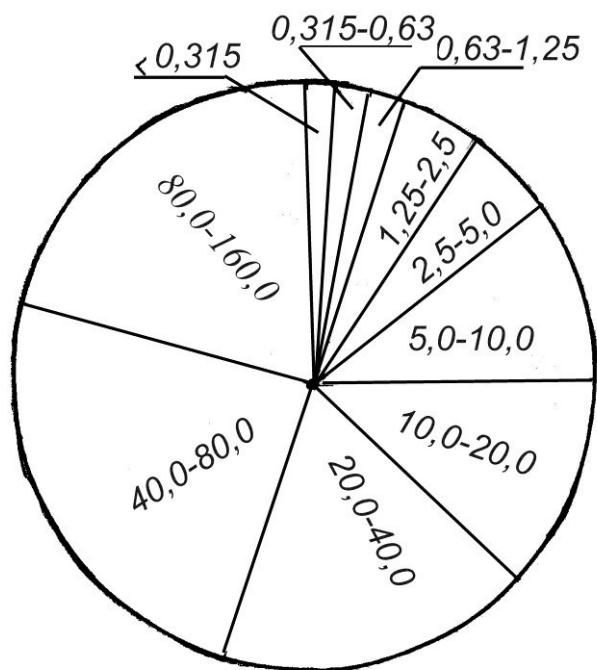


Рис. 3.3.2 Циклограма фракційного складу наносів р.Стрий (%)



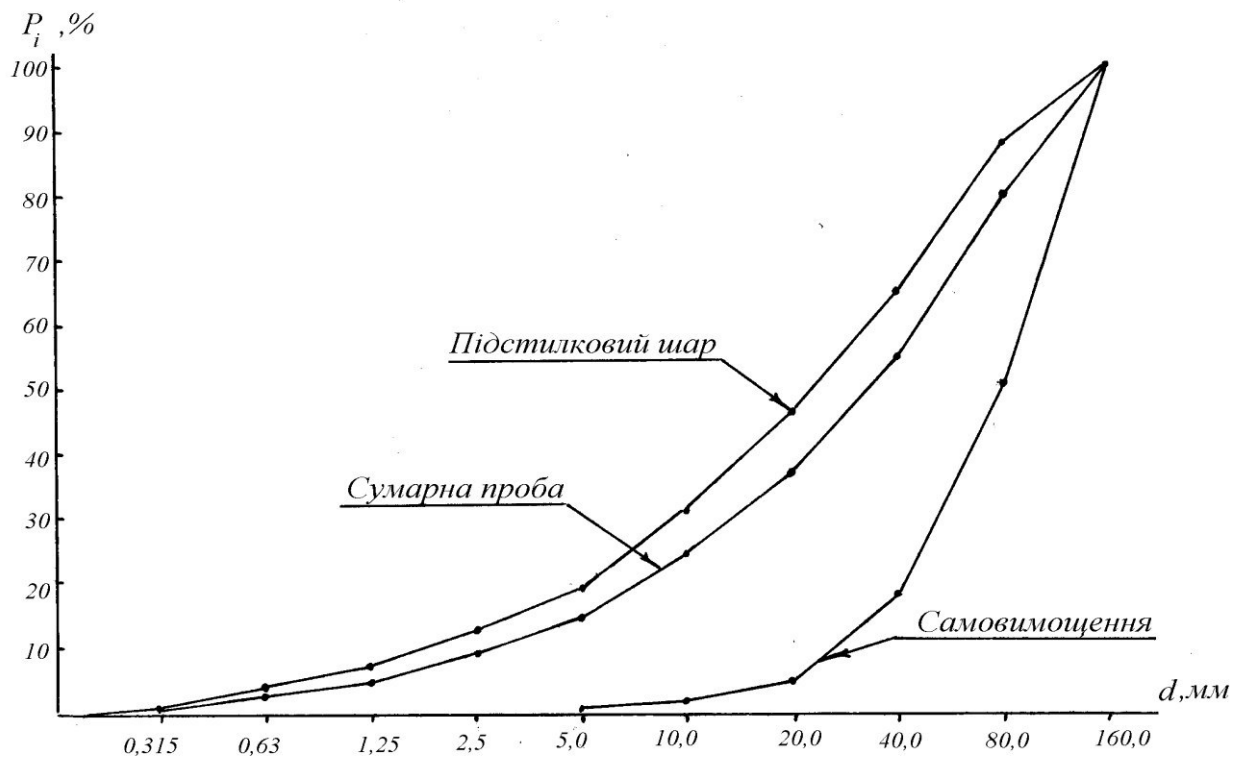


Рис. 3. 3. 3 Інтегральна крива гранулометричного складу наносів  
( у викривленому масштабі)

3.3.5 У практиці руслових розрахунків найбільш часто використовуються інтегральні криві гранулометричного складу наносів, що побудовані в напівлогарифмічному масштабі. Для їх побудови використовуються стандартні одновісні клітчатки ймовірності. Приклади графічного зображення та розрахунку і побудови інтегральних кривих гранулометричного складу наносів приведені в додатку І.

Із отриманого графіка визначають діаметри наносів заданої забезпеченості, а саме  $d_5$ ,  $d_{10}$ ,  $d_{25}$ ,  $d_{75}$ ,  $d_{90}$ ,  $d_{95}$ . Індекс при  $d$  показує який відсоток часток меншого розміру знаходиться в складі проби.

### 3.4 РОЗРАХУНОК СТОКУ НАНОСІВ

#### *Розрахунки стоку завислих наносів*

3.4.1 За наявності матеріалів про каламутність потоку і його витрати стік завислих наносів визначається за формулою

$$G_3 = \frac{S_{cep} Q}{1000}, \quad (3.4.1)$$

де  $G_3$  - витрата завислих наносів, кг/с;

$Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/с;

$S_{cep}$  - середня каламутність потоку, г/м<sup>3</sup>.

3.4.2 За відсутності натурних замірів каламутності, вона визначається шляхом розрахунків через гідравлічні і морфологічні характеристики потоку і русла. Більшість розрахункових емпіричних формул зводяться до вигляду:

$$S_{cep} = K \frac{V^m}{H^n W^\beta}, \quad (3.4.2)$$

де  $V$  – швидкість потоку;

$H$  – глибина потоку;

$W$  – середня гідравлічна крупність;

$K, m, n, \beta$  - числові параметри, що визначаються за емпіричними формулами.

3.4.3 Відсутність єдиної теорії здійснення і транспортування наносів обумовила появу великої кількості теоретичних і особливо емпіричних формул розрахунку стоку завислих наносів. Найбільш відомими формулами розрахунку мутності потоку є формули Є.А.Замаріна, А.В.Караушева, В.М.Маккавєєва, М.А.Веліканова, В.Н.Гончарова, А.Н.Гостунського, І.В.Єгіазарова, І.Ф.Карасьова, К.І.Росинського, І.А.Кузьміна і ін.

3.4.4 Найбільш широко для умов гірських річок використовується метод розроблений в Російському гідрологічному інституті А.В.Караушевим і К.В.Разуміхіною [21]. У відповідності із цим методом, розрахунок транспортуючої здатності потоку починається із визначення мутності здійснення (кг/м<sup>3</sup>):

$$S_{здійм.} = 0.15 \frac{0.7C^2 + 6C}{g} \zeta^2 \frac{v_{cep}^2}{H}, \quad (3.4.3)$$

де коефіцієнт  $\zeta^2$  для гірських річок приймається постійним в залежності від коефіцієнта Шезі:

$$\text{при } 20 \leq C \leq 60 \quad \zeta^2 \approx 0.43$$

$$\text{при } 10 \leq C \leq 20 \quad \zeta^2 \approx 0.30$$

Загальна середня мутність  $S_{сер}$  (кг/м<sup>3</sup>) і витрата завислих наносів  $G_з$  (кг/с) визначаються за формулами:

$$S_{сер} = \Gamma S_{сер}; \quad (3.4.4)$$

$$G_з = S_{сер} Q \quad (3.4.5)$$

Значення гідродинамічного параметру  $\Gamma$  визначається з таблиць, приведених в роботі [21].

3.4.5 Рекомендована для розрахунку стоку завислих наносів річок нормативна формула СРСР, згідно ВСН-01-73 має вигляд:

$$M_R = -1/83 M_Q + 125, \quad (3.4.6)$$

де  $M_R$  і  $M_Q$  – відповідно, середньорічні модуль стоку (кг/с км<sup>2</sup>) і модуль стоку води (л/с км<sup>2</sup>).

Приведена формула отримана для більш північних і рівнинних територій ЄТ СРСР і не враховує регіональних умов Карпат. Значно меншу похибку у розрахунках дають емпіричні формули, що отримані на основі узагальнення даних спостережень за стоком наносів досліджуваних річок.

3.4.6 Серед регіональних формул, отриманих для регіону Українських Карпат, найбільш достовірними є формули З.О. Горецької. Із-за значних відмінностей метеорологічних умов, гідроморфологічних особливостей, гідрологічного режиму річок і основних нанософормуючих факторів дані формули розділені на 2 групи – для Закарпаття і Прикарпаття.[8] .

При відсутності даних спостережень за каламутністю потоку і відсутності річки-аналогу розрахунок річкового стоку завислих наносів для річок Українських Карпат рекомендується виконувати за формулами

- для річок Закарпаття

$$M_{Qз} = 7,17 M_Q + 5,2 I - 2,33 f_L - 0,44 H + 181,3; \quad (3.4.7)$$

- для річок Прикарпаття

$$M_{Q_3} = -4,74M_Q + 154, \quad (3.4.8)$$

де  $M_{Q_3}$  – модуль стоку завислих наносів, т/рік з км<sup>2</sup>;

$M$  – модуль стоку води, л/с з км<sup>2</sup>;

$I$  – середньозважений похил ділянки річки від витоку в ‰;

$f_l$  – коефіцієнт лісистості басейну, ‰;

$H$  – висота пункту спостереження, м.

Параметри, необхідні для розрахунків за даними формулами приймаються із спеціальної довідкової літератури [5;8;9;10].

3.4.7 Матеріали спостережень за каламутністю потоку і стоком завислих наносів приведені в таблиці Е 2 додатку [19]. Розрахункові характеристики стоку наносів не вивчених річок приведені у роботах УкрНДГМІ [8;10].

### *РОЗРАХУНКИ СТОКУ ВОЛОКОВИХ (ДОННИХ РУХОМИХ) НАНОСІВ ГІРСЬКИХ РІЧОК*

3.4.8 Інтенсивність розвитку руслових процесів (руслових деформацій) знаходиться в тісній кореляційній залежності від стоку наносів. Стік наносів опосередковано виступає як домінуючий чинник функціонування гідродинамічної системи “потік – русло” (ГДС п-р). Стік води і наносів разом визначають той, чи інший сценарій розвитку руслової ситуації, а тому їх регулювання є найбільш важливим завданням водогосподарського комплексу.

3.4.9 Розрахунок стоку наносів для гірських річок належить виконувати цілком дискретно для кожного із паводків, які пройшли по руслу річки з відповідною забезпеченістю максимальної витрати. Ті паводки, що пройшли з витратами вище  $Q_{pf}$  і викликають незворотні руслові деформації слід віднести до руслоруйнуючих. Для цих двох класів паводків вибирається та чи інша методика розрахунків стоку наносів.

3.4.10 Динамічна рівновага ГДС п-р розділяє загальний хід руслових переформувань, тобто на зворотні і незворотні руслові деформації. Інтегральною характеристикою ГДС п-р є розрахункова питома руслова ємність  $\omega_{pf}$  ( $\omega_{pf} = Q_{pf}/V_{dp}$ , де  $V_{dp}$  – середня швидкість потоку при динамічній рівновазі системи ГДС п-р). Транспортуюча здатність потоку при динамічній рівновазі системи відповідає мінімуму дисипації енергії (мінімуму значення коефіцієнта гідравлічного опору  $\lambda$  або коефіцієнта Шезі – Манінга  $C$ ).

3.4.11 Із великої кількості розрахункових методик визначення твердого стоку,

лише невелика їх частина адаптована для гірських річок, що в значній мірі пов'язано із особливостями протіканням гірських потоків і гранулометричним складом наносів. Поряд з цим, враховуючи багатфакторність стоку наносів, існуючі формули розрахунку мають обмежені границі застосування, що регламентуються існуючими рекомендаціями [8;10;22].

На сьогоднішній день відсутні єдині методичні вказівки щодо розрахунку твердого стоку Карпатських річок. У практиці гідротехнічних розрахунків використовувались рекомендації нормативних документів СРСР, що є значно генералізованими і не враховують регіональних особливостей [22].

3.4.12 Для гірських і передгірних ділянок річок при  $B/H > 10$  (плоский режим течії) і  $H/d_{відм} \leq 30$  витрата стоку волокових наносів при відомій формі гідрографа і забезпеченості максимальних витрат води розраховується за формулою В.Ф. Талмази [23].

При  $B/H > 10$  і  $H/d_{відм} > 30$  витрати донних рухомих наносів визначаються за формулою Г.І. Шамова [24]. У даній формулі неоднорідність донних відкладів враховується спеціальним коефіцієнтом, що в залежності від співвідношення  $d_s/d_{cp}$  вираховується за окремими формулами.

При  $B/H < 10$  (умови просторового режиму течії) і  $H/d_{відм} > 1$ , середні багаторічні і вище максимальні витрати волокових наносів рекомендовано визначати за формулою В.М. Гончарова [25].

Указані методики розрахунку твердого стоку більш адаптовані для умов Середньої Азії і в практиці розрахунків для річок Українських Карпат широкого застосування не отримали.

3.4.13 Для орієнтовних розрахунків витрат мілких піщаних наносів розміром від 0,1 до 2мм, які можуть бути як завислими, так і донними рухомими, можна скористатися формулою КиргизНДІВГ [26].

$$Q_n = 0,95B \sqrt{d_{cp}} (V/V_{n.в.н.})^3 (V - V_{n.в.н.})(d_{cp}/h)^{1/4}, \quad (3.4.9)$$

де  $V_{n.в.н.}$  – початкова швидкість волочіння часток наносів, яка може бути визначена за формулою [23]

$$V_{n.в.н.} = 2(m - 1,5) / (m + 1)(h / d_{cp})^{1/m} \sqrt{(\rho_m - \rho) / I \rho g d_{cp}},$$

де  $m = 2,24 \lg h_{фр} / d_{cp} - 0,21 \lg (h / d_{cp})^2 + 2,2$  – безрозмірний показник.

3.4.14 Орієнтовні розрахунки питомих витрат донних рухомих наносів для

ділянок гірських річок (при  $h/D_{cp.36} \leq 15$ ;  $i \leq 0,01$ ), які переміщуються в безструктурній формі, можна виконати за формулою [36].

$$q_{d,p} = k(\rho V / \sqrt{g}) \sqrt{d_{cp.36}} (V/0,7V_{н.н})^3 (V-0,7V_{н.н})(d_{cp.36}/h)^{1/m} \quad (3.4.10)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує форму часток наносів, який для добре обкатаних наносів кулястої форми дорівнює  $k=0,0018$ ; для пластинкової форми –  $k=0,0012$ ;

$V_{н.н}$  – середня не зриваюча швидкість потоку для неоднорідних не зв'язаних наносів;

$m=1,5+3,3(h/d_{cp.36})^{1/6}$  – безрозмірний показник (його також можна визначити за формулою (п.3.4.13), яка приведена вище).

3.4.15 При похилах для гірських річок  $i > 0,01$  і витратах води вище 10% ймовірності перевищення, сумарні витрати наносів для орієнтовних розрахунків можна визначити за формулою [36].

$$Q_n = 7000 Q (h/d_{cp.36})^{0,7} i^{0,2}, \text{ в кг/с} \quad (3.4.11)$$

3.4.16 Вважається, що найбільш теоретично обґрунтованою формулою розрахунку питомої (на одиницю ширини русла) витрати волокових наносів, яка отримала підтвердження в лабораторних і натурних умовах в широких діапазонах розрахункових параметрів є формула Ейнштейна [27,28] і рекомендується для передгірних ділянок річок при значній неоднорідності руслових відкладів і великому діапазоні зміни водності потоку:

$$q_s = 0,023 \rho_m \sqrt{(\rho_m - \rho) / \rho} g d^3 P / (1-P), \quad (3.4.12)$$

де  $P$  – імовірність волочіння часток наносів, яка залежить від параметра  $T = 2 \tau_0 / \tau_* = 2(u_0 / u_*)^2$  [39]. Визначається з графіка залежності (рис.4. 3.1)[39].

Приведена формула Ейнштейна взята за основу для методики розрахунку деформацій русла річок Українських Карпат, що розроблена в ІГіМ і Інституті гідромеханіки АН України П.І.Коваленком, В.О. Базилевичем і М.Н. Бухіним [29].

3.4.17 На основі розгляду транспортування наносів, як стохастичного процесу, розроблена також формула В.С. Боровкова [30] для розрахунку транспортуючої здатності гірських річок:

$$q_s / Vh = 1,5 \cdot 10^3 \lambda^3 \operatorname{erf}(U_k / \varpi - 1)^2 \quad (3.4.13)$$

де  $q_s$  – питома витрата наносів;

$V$  – середня швидкість потоку, при якій ведеться оцінка стоку наносів в процесі зміни водності;

$h$  – середня глибина потоку в процесі зміни водності;

$\lambda$  - сумарний коефіцієнт гідравлічного опору русла (зернистої шорсткості русла, руслових форм, форми русла);

$\bar{u}_k = 6,75 U_*$  - критична швидкість потоку стосовно зриву (зважування) часток наносів;

$U_* = (ghI)^{0,5}$  – динамічна швидкість потоку;

$\varpi$  - середня гідравлічна крупність часток наносів;

$erf$  – інтеграл імовірності руслового процесу (відриву часток наносів від ложа русла), який визначається за формулою

$$erf(x) = 2/\sqrt{\pi} \int_0^x e^{-n^2} dn \quad (3.4.14)$$

( $x$  – аргумент функції –  $(u_x/\varpi I)^2$ ;  $n$  – змінна інтегрування  $u_x$ ).

3.4.18 Аналогічні розрахунки стоку волочених наносів можуть бути виконані шляхом використання формули Мейера-Петера-Мюлера в модифікації Н. Чена [31]

$$q_s = \rho_m \sqrt{(\rho_m - \rho)/\rho} \bar{g} d^3 (4/\psi - 0,188)^{3/2}, \quad (3.4.15)$$

де -  $\psi = 28(u_0/u_*)^2$ ;

$u_* = \sqrt{gh_{cp} I}$  - динамічна швидкість потоку;

$u_0 = 0,189 \sqrt{(\rho_m - \rho)/\rho} \bar{g} d$  - динамічна швидкість потоку, яка відповідає початку інтенсивного волочіння часток наносів (зриву часток наносів).

3.4.19 Враховуючи випадковий характер відриву часток наносів від ложа русла отримана формула А.В. Магомедової [32] .

Параметри транспортувальних наносів  $d$  і  $P_T$  відповідно зі значенням параметрів гранулометричного складу донних відкладів однозначно визначають середню висоту виступів шорсткості ложа русла при транспорті наносів  $\Delta_{cp.36} = 0,7 d_{cp.36}$ ,

де  $d_{cp.36}$  – діаметр часток наносів, який характеризує шорсткість ложа русла, складеного із неоднорідних незв'язних ґрунтів. В загальному випадку при наявності шару самовимощення із крупних часток наносів значення діаметру може бути визначене за формулою

$$D = d_m P_m (1 - S_{кр}) + d_{95} [1 - P_m (1 - S_{кр})], \quad (3.4.16)$$

де  $d_{95}$  – середній діаметр крупних фракцій донних відкладів 5% забезпеченості, який визначає шорсткість поверхні різнозернистого розмивного ґрунту при відсутності транспорту наносів;

$S_{кр}$  – доля площі дна русла, яке має яскраво виражене самовимощення і визначається за формулою:

$$S_{кр.i} = \sum_{j=n}^i \Delta h_{j-1} P_{кр.j} / d_{кр.j},$$

$$\text{або } S_{кр.i} = S_{кр.i-1} + \Delta h_{i-1} P_{кр.i} / d_{кр.i}.$$

При  $S_{кр} = 0$ , коли відсутнє самовимощення, значення  $D$  визначається за формулою ( 3.4.16 ) автоматично.

На основі значень цих параметрів визначають транспортуючу здатність потоку, а саме, за формулами

$$G_{дон} = B[(1 - S_{кр}) P_T d_m^2 \eta_b \tau_b] / t_A; \quad (3.4.17)$$

$$G_m = G_{дон} (1 + \varepsilon_{зб} V_{зб} t_{зб} P_{зб} d_{зб} V_{зб} / P_m d_m V_{дон}), \quad (3.4.18)$$

де  $G_{дон}$  і  $G_m$  – відповідно порогова витрата донних наносів і загальна витрата руслоформуючих наносів по живому перерізу потоку, м<sup>3</sup>/с;

$B$  – ширина потоку, м;

$\eta_b$  – ймовірність відриву часток наносів;

$\tau_b$  – середня тривалість зважуючих флуктуацій лагранжової вертикальної швидкості  $V^l(t)$  за рівень  $\omega$ , с;

$V_\varepsilon$  – середня повторюваність відриву турбулентних збурень в придонній області, с<sup>-1</sup>;

$t_A$  і  $t_{зб}$  – середня тривалість переносу придонних і зважених наносів, с;

$\varepsilon_{зб}$  – ймовірність зважування часток наносів;

$V_{зб}$  – середня повторюваність зважуючих турбулентних збурень в придонній області потоку, с<sup>-1</sup>.

3.4.20 Результатами спостережень і досліджень твердого стоку, проведених в ІГіМ УААН, встановлено, що для умов Українських Карпат найбільш прийнятними є розрахункові формули Ю.Г. Іваненка [33], В.В. Романовського [34], І.І.Назарова і

В.О. Базилевича[50], метод розрахунку твердого стоку наносів на основі визначення структурного переміщення руслових мезоформ, розроблений в Російському гідрологічному інституті (на той час ГГИ ССРСР) [2], а також методика П.І.Коваленка, В.О. Базилевича і М.Н. Бухіна [29].

*Методика Ю.Г. Іваненка*

3.4.21 Транспортуюча здатність потоку розраховується для умов динамічної рівноваги ГДСп-р, що розділяє хід руслових деформацій на зворотні і незворотні.



Інтегральною характеристикою ГДСп-р є розрахункова питома ємність  $\omega_{pf}$  ( $\omega_{pf}=Q_{pf}/V_{dp}$ , де  $V_{dp}$  – середня швидкість потоку при динамічній рівновазі ГДСп-р). При динамічній рівновазі системи транспортуюча здатність потоку відповідає мінімуму дисипації енергії (мінімуму значення коефіцієнта гідравлічного опору, або коефіцієнта Шезі-Манінга  $C$ ) і може бути визначена за формулою [33] :

$$(\rho_n - \rho)Gw / \rho_n = \zeta \rho V^4 B [1 - (V_0/V)^{2+2\alpha}] / C^2 \quad (3.4.19)$$

де  $\rho_n, \rho$  - відповідно питома щільність часток наносів і питома густина води;

$G$  – витрата транспортувальних наносів по масі (волокових і завислих разом), т/с;

$w$  - середнє значення гідравлічної крупності наносів ( $\bar{w}=(2g d_{cp.36})^{0.5}$ ,  $d_{cp.36}$  – середньозважений діаметр руслових відкладів), м/с;

$\zeta=0,057$  – коефіцієнт, який визначає долю витрати енергії потоку на транспорт наносів (=6%); при цьому частина енергії витрачається на підтримку відповідного рівня турбулентності потоку і його вихорових структур;

$V$  – середня швидкість потоку, при якій ведеться оцінка витрат наносів (при динамічній рівновазі ГДСп-р  $V=V_{dp}$ );

$V_0$  – середня швидкість потоку, яка відповідає початку зриву часток наносів поверхневого шару русла (визначається для конкретного наповнення русла);

$B$  – ширина руслового потоку по поверхні води при якій ведеться оцінка витрат наносів;

$\alpha$  - коефіцієнт режиму транспорту наносів, який дорівнює 0,5 при квадратичному режимі обтікання часток наносів;

$C$  – коефіцієнт Шезі – Манінга, який для передгірних ділянок річок може бути визначений за формулою  $C=23(h/D_{cp.36})^{1/6}$  ( $D_{cp.36}$  – середньозважений діаметр поверхневого шару русла – шару самовимощення ложа русла).

Розрахунок стоку наносів за формулою (3.4.19) виконується на основі даних конкретного паводку для відповідного створу (ділянки) в залежності від змін основних гідравлічних і руслових характеристик ( $V, V_0, h, C, B, w$ ) з використанням основних графіків зв'язку  $Q = f(H)$ ,  $Q = f(V)$  і  $V = f(h)$ .

Приведену методику необхідно адаптувати до різних типів руслового процесу, що можливо виконати через зміну значення коефіцієнту рівняння, який визначає витрати енергії потоку на транспортування руслоформуючих наносів.

3.4.22 Регіональна методика визначення стоку волокових наносів Назарова І.І. і Базилевича В.О. побудована на матеріалах багаторічних досліджень твердого стоку річок Українських Карпат з використанням отриманих графіків зв'язку стоку води і наносів. Витрати донних рухомих наносів  $Q_{\partial,p}$ , при відомих витратах завислих наносів  $Q_{з,н}$  для річок Українських Карпат, для орієнтовних розрахунків рекомендовано визначати за формулами [8], які отримані на основі результатів польових досліджень, виконаних балансовим методом:

- для висоти розрахункових перерізів в межах  $H=350-750$  м

$$R_{\partial,p} / R_{з,н}^{0,87} = 1,58 \cdot (Q_0 / \sqrt{I})^{0,48} (F / \lambda)^{-0,28}, \quad (3.4.20)$$

- для висоти в межах  $H=750-1000$  м

$$R_{\partial,p} / R_{з,н}^{0,15} = 0,177 (Q_0 / \sqrt{I})^{0,37} (F / \lambda)^{-0,02}, \quad (3.4.21)$$

де  $R_{\partial,p}$  і  $R_{з,н}$  – відповідно, витрати донних рухомих і завислих наносів, кг/с.

$Q_0$  – середньорічні за багаторічний період витрати водотоку, м<sup>3</sup>/с;

$I$  – середньозважений гідравлічний похил водотоку від витoku до розрахункового перерізу, ‰ ( $I=i$  при  $Q_{p,ф}$ );

$F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>;

$\lambda_n$  – коефіцієнт лісистості басейну, %.

Методика П.І.Коваленка, В.О.Базилевича і М.Н.Бухіна

3.4.23 В основі даної методики покладено формулу розрахунку питомої витрати волокових наносів Ейнштейна (3.4.12) За основне рівняння даної методики прийнято рівняння деформацій (балансу волокових наносів):

$$\frac{\Delta Q_{вол}}{\rho \Delta l} + b_m \frac{\Delta Z d}{\Delta t} = 0, \quad (3.4.22)$$

де  $\Delta Q_{вол}$  - різниця вагових витрат волокових наносів в придоннім струмені, що поступають на розрахункову ділянку деформацій і винесених за її межі;

$\Delta Z d$  - зміни відміток дна русла. Осереднені на площі розрахункової ділянки деформацій за розрахунковий інтервал часу  $\Delta t$ ;

$b_m$  - середня на розрахунковій ділянці ширина придонного струменю;

$\Delta l$  - довжина розрахункової ділянки деформацій;

$\rho_0$  - щільність донних відкладів.

Методика розроблена безпосередньо для умов річок Українських Карпат і

викладена в роботі [29] , де приведено повний та спрощений варіанти розрахунків, а також алгоритм розрахунку при використанні обчислювальної техніки.

*Розрахунок твердого стоку по параметрах руслових форм за методикою*

*Б.Ф. Сніщенка і З.Д. Копаліані.*

3.4.24 За наявності в руслі чітко виражених мезоформ розрахунок витрат волокових наносів можна виконувати на основі розрахунку швидкості їх переміщення.

Розрахунки витрати волокових наносів в структурній формі включають три етапи [2]:

- 1) розрахунок параметрів руслових форм;
- 2) розрахунок швидкості переміщення мезоформ;
- 3) розрахунок витрати наносів.

Швидкість зміщення мікроформ (гряд), які можуть виникати на поверхні мезоформ (боковиків, осередків) при проходженні руслоформуючих паводків рекомендується визначати за формулою

$$C_e = 0,019VFr^3, \quad (3.4.23)$$

де –  $V$  середня швидкість потоку, м/с;

$Fr$  – число Фруда, взяте в такому вигляді –  $Fr = V / \sqrt{gh}$ .

Висоту мікроформ  $h_r$  рекомендується визначати за формулою ( $h > 1\text{м}$ )

$$h_e = 0,2 + 0,1h \quad (3.4.24)$$

Довжину мікроформ  $l_e$  рекомендується визначати за формулою

$$l_e = h \sqrt{C^2 / g}, \quad (3.4.25)$$

де  $C$  – коефіцієнт Шезі-Манінга.

Швидкість зміщення мезоформ (боковиків і осередків)  $C_\Delta$  рекомендується визначати за формулою

$$C_\Delta = 950V_e(h_e / \Delta)Fr^3, \quad (3.4.26)$$

де  $C_\Delta$  - швидкість зміщення мезоформ в м/доб. на одиницю фронту руху;

$V_e$  – середня швидкість потоку над мікроформою;

$\Delta$  – висота мезоформ;

$h_e$  – висота мікроформи.

Витрата донних наносів  $G_e$  по фронту руху мезоформи шириною  $B_{\text{мез}}$  визначається за формулою

$$G_z = 0,011h_z Fr^3 B_{mez} V. \quad (3.4.27)$$

*Методика В.В. Романовського.*

3.4.25 Методика В.В. Романовського розроблена в Російському гідрологічному інституті і рекомендується для розрахунку стоку волокових наносів на передгірних річках з крупністю середньозваженого діаметру руслових відкладів від 2 до 200 мм з урахуванням їх форми, та різновидів суміші в руслових відкладах при формуванні шару самовимощення ложа русла.

Формула представлена у вигляді [34]:

$$Q_{d.p} = 0,01 B d_p \gamma_n \alpha (V - V_{n.v.n} \sqrt{f / f_0}) (V / V_{n.v.n} - U_{v.макс} / \omega), \quad (3.4.28)$$

де  $B$  – ширина водотоку при розрахунковому рівні води;

$d_p$  – розрахунковий діаметр донних рухомих наносів;

$\gamma_n$  – об'ємна щільність суміші наносів в природному заляганні (в середньому 2000 кг/м<sup>3</sup>);

$\alpha$  – перехідний коефіцієнт від середньої швидкості потоку до донної;

$V$  – середня швидкість водотоку;

$V_{n.v.n}$  – середня початкова швидкість волочіння часток неоднорідних наносів;

$f$  – коефіцієнт динамічного тертя часток рухомих наносів по поверхні ложа русла;

$f_0$  – коефіцієнт статичного тертя часток наносів русла по поверхні дна;

$U_{v,макс}$  – максимальна вертикальна пульсаційна швидкість потоку;

$\omega$  – гідравлічна крупність часток рухомих наносів (визначається для  $d_p$ ).

Комплекс розрахунків за формулою (3.4.28) починають з попереднього визначення граничних розмірів часток рухомих наносів  $d_{z.в}$  і  $d_{z.н}$ , які переміщуються при заданій середній швидкості водотоку в придонній області за формулами

$$d_{z.в} = m_1 V^2 / 1,65 g (2,4\theta - 0,7)^2, \quad (3.4.29)$$

$$d_{z.н} = V^2 / 1,65 N (2,4\theta - 0,7)^2, \quad (3.4.30)$$

де  $m_1$  – безрозмірний параметр, який залежить від форми часток наносів, рівний

$$m_1 = (\alpha^2 N + j f_0) / j f_0 N; \quad (3.4.31)$$

$N$  – безрозмірне характеристичне число, яке визначається за формулою

$$N = (0,7 C^2 + 6 C) / g;$$

$\theta$  – коефіцієнт форми часток донних наносів, рівний

$\theta = d_{cp}^2 / \nu c$  (для еліпсоподібних часток наносів –  $\nu$  і  $c$  є, відповідно, ширина і товщина);

$j$  – коефіцієнт, який залежить від  $\theta$ .

Значення безрозмірних коефіцієнтів  $f_0$  і  $j$  визначаються за даними таблиці 3.4.1 в залежності від  $\theta$ .

Таблиця 3.4.1 Значення коефіцієнтів  $f_0$  і  $j$

$\theta$	0,55	0,60	0,70	0,76	0,80	0,90	1,00
$j$	16,0	5,24	2,04	1,58	1,39	1,27	1,40
$f_0$	1,64	1,52	1,33	1,23	1,14	0,90	0,60

Значення коефіцієнтів  $\alpha$  визначається за графіком зв'язку  $\alpha = f(y, c)$ , який приведений на рис.3.4.1,а. Значення відносної глибини потоку визначається за формулою

$$y = (2h - \alpha) / 2h \quad (3.4.32)$$

Значення коефіцієнта Шезі-Манінга  $C$  рекомендується визначати за формулою

$$C = 23(h/d_p)^{1/6} \quad (3.4.33)$$

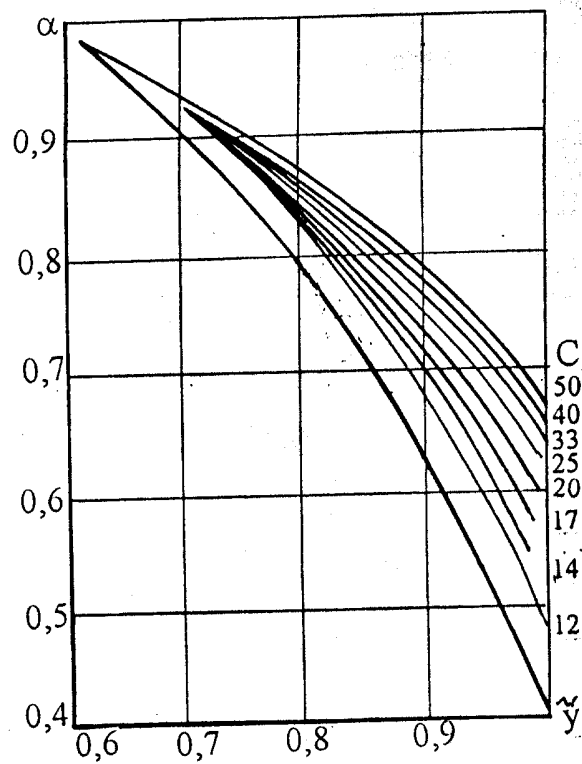
(значення  $d_p$  рекомендуємо приймати рівним середньозваженому діаметру поверхневому шару (шару самовимощення ложа русла)).

Після визначення  $d_{г.в}$  і  $d_{г.н}$  із гранулометричного складу руслових відкладів вилучаються самі крупні фракції часток наносів, які не зриваються в потоці, і самі дрібні фракції часток наносів, які можуть зависати в течії. За результатами гранулометричного складу умовної проби наносів визначається середньозважений діаметр донних рухомих наносів, який і приймається в якості розрахункового діаметра  $d_p$ .

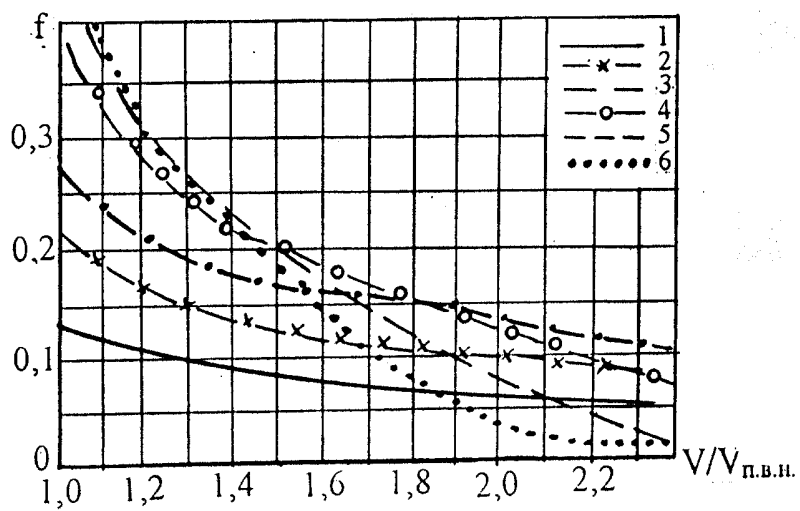
Значення коефіцієнта динамічного тертя  $f$  донних рухомих наносів по поверхні ложа русла залежить від форми часток наносів  $\theta$  і відношення швидкостей  $V/V_{н.в.н.}$ . На основі графіка зв'язку  $f = f(V/V_{н.в.н.}, \theta)$  підбирається відповідне значення  $f$  (рис.3.4.1,б).

Значення максимальної вертикальної пульсаційної складової швидкості  $U_{в.макс}$  визначається за формулою

$$U_{в.макс} = 3V/\sqrt{N}. \quad (3.4.34)$$



а



б

а -  $a = f(y, c)$ ; б -  $f = f(v/v_{п.в.н.}, \theta)$ ;

1 -  $\theta = 1.0$ ; 2 -  $\theta = 0.9$ ; 3 -  $\theta = 0.8$ ; ; 3 -  $\theta = 0.8$ ; ; 4 -  $\theta = 0.7$ ; ; 5 -  $\theta = 0.6$ ; ; 6 -  $\theta = 0.55$ ;

Рис. 3.4.1 Графіки для визначення коефіцієнтів  $a$  і  $f$

Об'ємна щільність суміші наносів  $\gamma_n$  визначається в залежності від гранулометричного складу наносів, рівна для піску з гравієм  $\gamma_n=1,7-1,9 \text{ т/м}^3$ , для гравію –  $1,8-2,1 \text{ т/м}^3$ , і для гальки з гравієм від 2,0 до  $2,2 \text{ т/м}^3$ .

При наявності даних про закон розподілу місцевих швидкостей по глибині потоку, зміни глибин і гранулометричного складу руслових відкладів в поперечному перерізі водотоку, розрахунок витрати донних рухомих наносів необхідно виконувати для окремих ділянок (фрагментів) руслових форм, а загальна витрата по живому перерізу потім розраховується шляхом їх підсумовування.

3.4.26 Приклад розрахунку твердого стоку річки Ямниця приведений в додатку К, де також наведено порівняння результатів розрахунку із матеріалами натурних спостережень.

## 4 ОЦІНКА РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ГІРСЬКИХ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

### 4.1 ФОРМУВАННЯ РУСЕЛ ТА ЇХ ОСНОВНІ ТИПИ

4.1.1 Природні водотоки являють собою відкриту саморегулюючу гідродинамічну систему, яка знаходиться під впливом дії природних і антропогенних факторів. Гірські річки періодично перебувають в екстремальних умовах функціонування в залежності від флуктуацій регіональних метеорологічних, кліматичних і гідрогеоморфологічних характеристик. При цьому, алювіальні русла гірських річок підлягають значним переформуванням.

4.1.2 Паводки, які проходять в межах виробленого алювіального русла, виконують роботу по ланцюгу структурних рівнів ГДС п-р – відрив частинок наносів від дна і їх переміщення в безперервно-дискретній формі. Частина відносно дрібних наносів переміщається в товщі потоку (безперервний транзит наносів), а частина в дискретній формі в вигляді таких структурних форм: рифелі (двовірні і тривірні); гряди різних масштабів, розміри яких близькі до глибини потоку; гряди перекошені, розміри яких близькі до ширини русла (боковики, осередки) і, нарешті, звивини русла (розвиток явища меандрування). Ті паводки, що відповідають витратам вищим від руслоформуєчих, слід відносити до руслоруйнуючих. При наявності заплави, їх проходження пов'язане з виникненням потужного динаміко-кінематичного ефекту і

формування специфічних структурних форм на тлі розвитку незворотних деформацій ложа і берегів русла та поверхні (масивів) заплави. На гірських річках така руслова ситуація призводить до спрямлення крутих звивин, порушення цілісності шару самовимощення ложа русла на тлі безперервного транзиту наносів, розгалуження русла на рукави, блукання русла, створення заплавної багаторукавності тощо. Всі ці зміни рельєфу річки в першу чергу залежать від стоку води і наносів – транспортуючої здатності водотоку.

4.1.3 При руслоформуючих паводках (при наповненні русла в брівках) ГДС п-р знаходиться, як правило, в динамічній рівновазі. При цьому стані гідродинамічна стійкість ГДС п-р однозначно визначається опором шару самовимощення ложа русла. Динаміка мезоформ русла визначається переміщенням по їх поверхні гряд. Розмив берегів відбувається на тлі розвитку явища меандрування русла. Таким чином, меандрування русла є адекватною характеристикою динамічної рівноваги ГДС п-р.

4.1.4 Для основних річок Українських Карпат характерні такі типи русел (рис. 4.1.1)[ 22]:

- 1 Нерозмивне (скельне) русло з нечітко виявленими берегами;
- 2 Стиснене русло (тіщина) з обривистими берегами;
- 3 Каналізоване русло;
- 4 Стиснене русло з необмеженим надходженням наносів;
- 5 Обмежене меандрування русла;
- 6 Осередкове русло (руслова багаторукавність);
- 7 Незавершене меандрування (блукання русла);
- 8 Вільне меандрування.

4.1.5 Для перших чотирьох типів русел, навіть при самих багатоводних паводках, потік не має можливості для формування будь-яких структурних форм русла із-за низького ступеню ерозії річища, обмеженої кількості наносів, та відносно високої транспортуючої здатності потоку. Розвиток руслових процесів в цих руслах блокується на всіх структурних рівнях самоорганізації ГДС п-р.



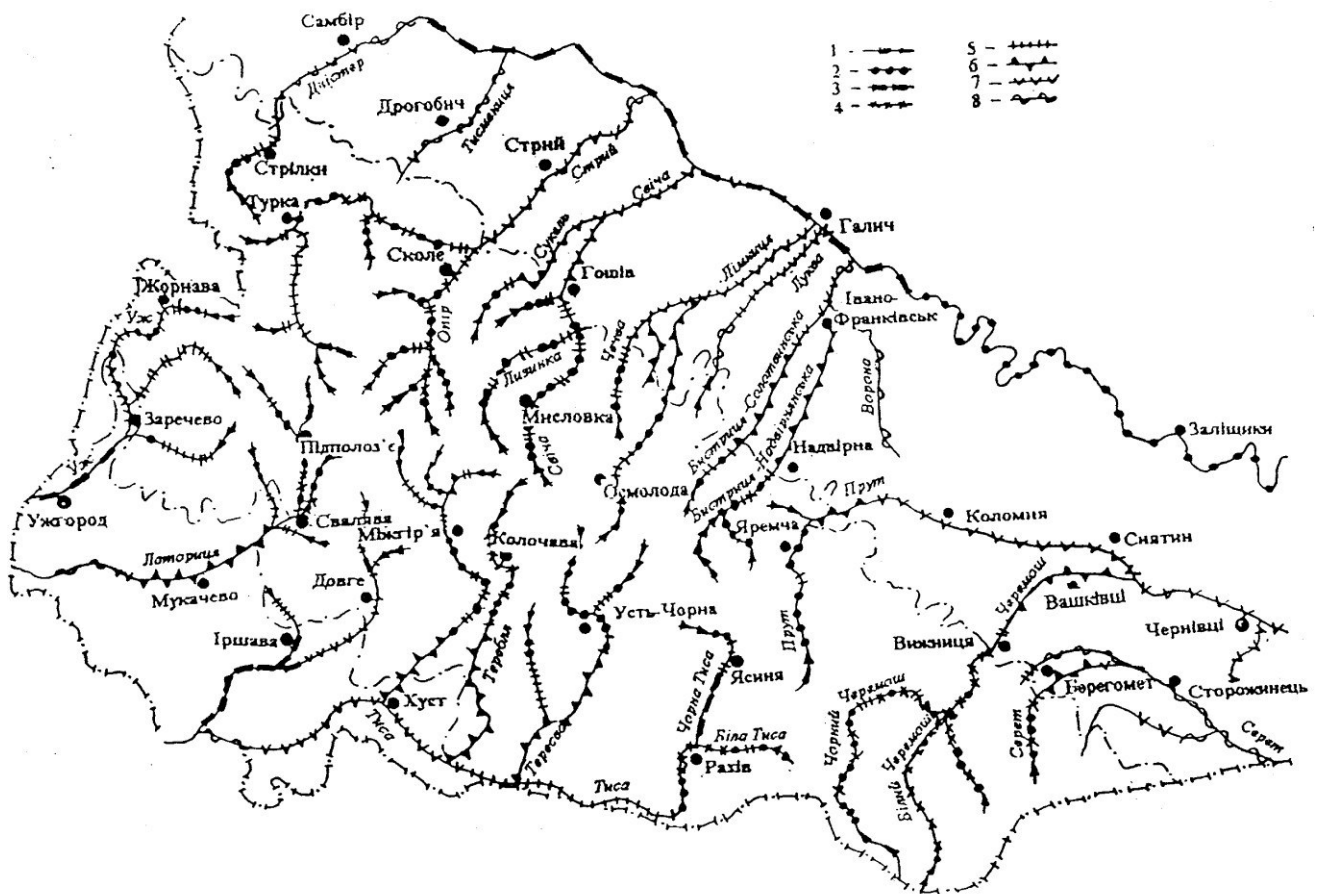


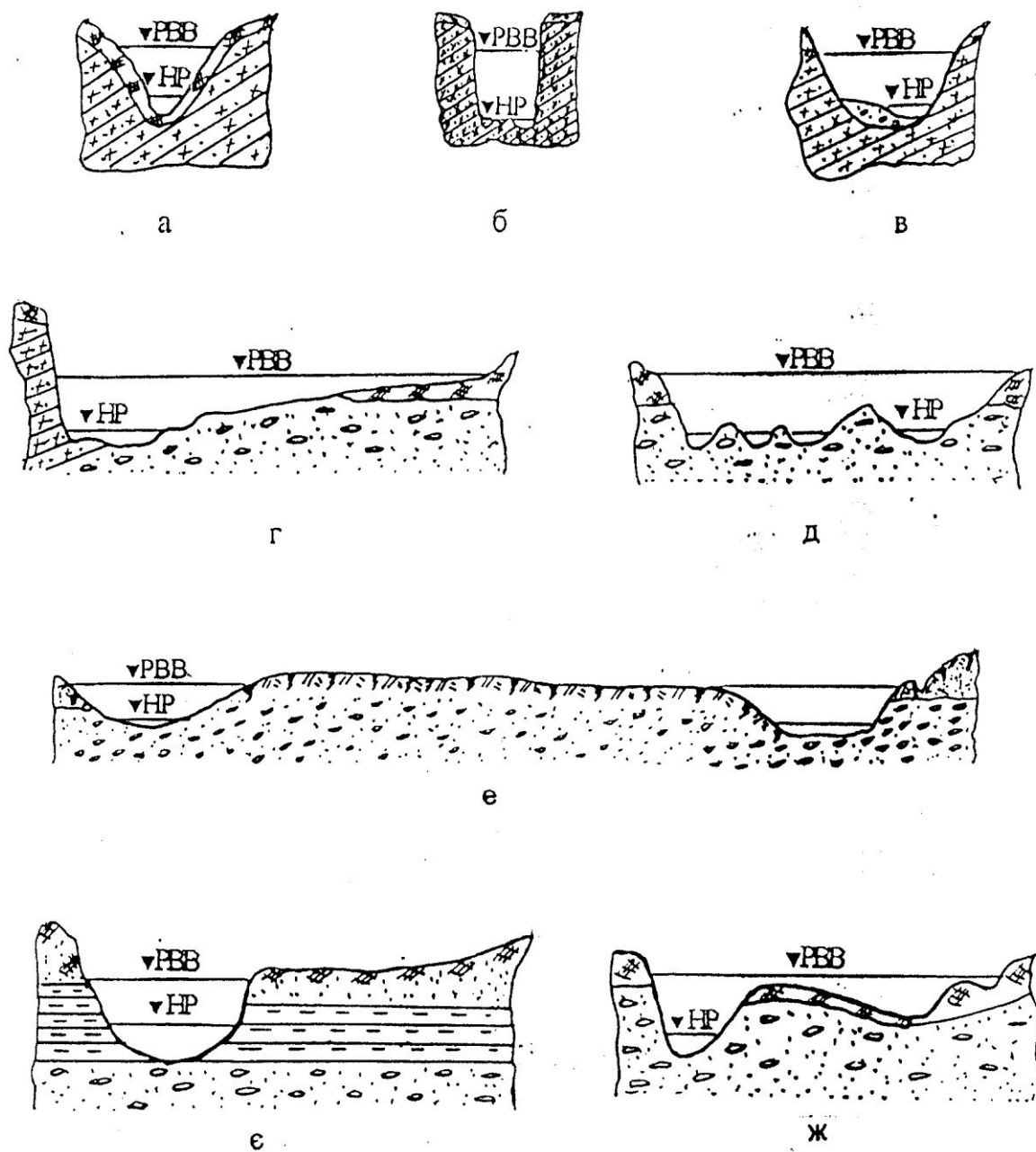
Рис. 4.1.1 Типи руслових форм річок Українських Карпат [22]

4.1.6 В нерозмивних (скельних) руслах з нечітко виявленими берегами (рис. 4.1.2,а) водний потік від паводка до паводка не в змозі помітно заглибитися в важкорозмивному скельному ложі. Потік в основному транспортує продукти ерозії схилу водозбору (матеріали осипів і зсувів тощо). Цей тип русла зустрічається майже на всіх річках Українських Карпат (в основному у верхів'ях основних річок і на потічках). Поперечні перерізи русла мають трикутну форму з пологими брівками (бортами) і відносно вузькою V-образною долиною.

4.1.7 Стиснені русла з обривистими берегами (рис.4.1.2,б) зустрічаються в гірській частині водотоків. Русла заглиблені в важкорозмивні ложа гірських долин. Звивини річки, як правило, співпадають із звивинами долини. Дно тіщини представлено як корінними скельними породами, малообкоченими валунами різної крупності, які часто виступають з меженного русла. Тут можна також бачити безладні скупчення руслових відкладів, складених з обкатаного піщаника різної крупності, які приурочені до випуклих берегів поворотів (звивин) долини.

4.1.8 Каналізоване русло (рис. 4.1.2,є) спостерігається, як правило, в широких долинах (заплавах), складених шарами руслових відкладів водотоків. Ці русла характеризуються помірною звивистістю. Між поворотами русла мають місце прямолінійні ділянки значної довжини (вироджене меандрування). Характерною відміною цього типу є присутність на брівках обох берегів деревної рослинності. Межений потік заповнює ці русла по всій ширині, що нагадує штучні водотоки (канали). Ложе русла має яскраво виявлене самовимощення. Відносна стійкість цього русла майже повністю визначається опором шару самовимощення його дна.

4.1.9 Стиснені русла з необмеженим надходженням наносів (рис.4.1.2,в) – це русла з важкорозмивними берегами, в яких внаслідок значного за об'ємами надходження продуктів ерозії з водозбору створюються сприятливі умови для формування структур в вигляді гряд (боковиків і відмілин). Розвиток явища меандрування русла блокується важкорозмивними берегами. Оскільки конфігурація таких ділянок річок значною мірою визначається звивистістю звуженої гірської долини, то тут спостерігається часта зміна відносно коротких прямолінійних ділянок з боковиками, на яких зустрічаються крупні відмілини руслових відкладів, прилеглих до випуклих берегів.



- а – нерозмивне (скельне) русло з нечітко виявленими берегами;  
 б – стиснене русло (тіщина) з обривистими берегами;  
 в – стиснене русло з необмеженим надходженням наносів;  
 г – русло обмеженого меандрування;  
 д – осередковий тип руслових форм (руслова багаторукавність);  
 е – незавершене меандрування;  
 є – каналізоване русло;  
 ж – вільне меандрування.

Рис. 4.1.2 Характерні поперечні профілі типів руслових форм річок Українських Карпат

Цей тип русла має місце в середній частині гірських річок на звуженнях долини, а на ділянках розширеної долини річки чергується з типом обмеженого меандрування та типами русла в скельних породах (тіщина, скельне).

4.1.10 Русла обмеженого меандрування приурочені до гірської частини (рис.4.1.2,г). Конфігурація русла в значній мірі визначається звивистістю гірської долини. На поворотах русла спостерігаються значні за розмірами відмілини, які прилягають до випуклих берегів. Розвиток явища меандрування русла стримується впливом важкорозмивних схилів долини. Звивини русла пологі, мають правильну синусоїдальну форму. Ширина поясу меандрування річки дорівнює ширині дна долини.

4.1.11 Осередкове русло (рис.4.1.2,д) на річках Українських Карпат найчастіше спостерігається в місцях різкої зміни поздовжнього похилу річки (долини) або різкого розширення гірської долини. Сприятливі умови для акумуляції наносів в вигляді осередків створюються при виході річок з гір. В цьому випадку річка утворює широкі, розпластані, відносно мілкі русла, по яких пересуваються безладні системи крупних осередків. В цьому випадку можна вести про біфуркацію явища меандрування русла, а також про специфічні особливості регулювання руслових деформацій. При проходженні катастрофічних паводків осередки стають досить рухомими і мінливими, а в умовах тривалої стійкої межени обсохлі поверхні їх заростають і закріплюються, перетворюючись на острови. На цих ділянках річок рекомендується вести відбір руслових відкладів за рахунок підрізки осередків і островів, що обумовлює підвищення пропускної здатності водопропускного коридору (не впливаючи при цьому суттєво на розвиток руслових процесів нижче за течією).

4.1.12 Русла незавершеного меандрування (рис.4.1.2,е) зустрічаються, як правило, нижче ділянок русла осередкового типу. Характерною особливістю незавершеного меандрування є наявність крупних, чітко виявлених меандр на різних стадіях їх розвитку, які в більшості своїй мають відносно пологі форму з досить розвинутою відмілиною руслових відкладів, протяжність яких домірна кроку меандр. Цей тип русла формується у відносно широкій, переважно слабозалісненій заплаві, складених з руслових гравійно-галькових відкладів, винесених з гір даною річкою. При цьому типі руслового процесу спостерігається відмирання меандр за рахунок передчасного прориву петлі, цебто раннім утворенням випрямляючого протоку.

4.1.13 Русла вільного меандрування (рис.4.1.2,ж) зустрічаються в рівнинній

частині річок при наявності запасів алювіальних відкладів. Характерною відзнакою цього типу можна вважати незгасаючий процес розмиву увігнутих берегів. При цьому типі руслового процесу спостерігається відмирання меандр за рахунок прориву перешийка петлі (створення стариць). Вільне меандрування русел характеризується самим низьким транзитом руслоформуєчих (донних) наносів і підвищеним стоком завислих наносів.

4.1.14 Тип русла можна також визначити за допомогою критеріальної гідроморфологічної залежності наступного вигляду [37]

$$T_p = \frac{V_{95}}{V_{\partial.p}} \frac{h_{p\phi} \sqrt{I}}{\lambda B_{p\phi} S_0}, \quad (4.1.1)$$

де  $V_{95}$  – середня швидкість потоку при стійкій межі з ймовірністю перевищення витрат 95%;

$V_{\partial.p}$  – середня швидкість потоку при динамічній рівновазі ГДС п-р ( $V_{\partial.p} = Q_{p.\phi} / h_{p\phi} B_{p\phi}$ );

$S_0$  – коефіцієнт неоднорідності гранулометричного складу суміші руслових відкладів без урахування шару самовимощення ложа русла;

$\lambda$  – сумарний коефіцієнт гідравлічного опору русла, який розраховується за формулою

$$\lambda = \psi \lambda_{\Delta} = \frac{\psi}{\left( 4 \lg \frac{h_{p\phi}}{\Delta} + 4,25 \right)^2}, \quad (4.1.2)$$

( $\psi$  – коефіцієнт, який враховує опір руслових форм в залежності від типу русла, дорівнює в середньому, відповідно, таким значенням: для гірських ділянок зі скельним руслом – 1,0; для стиснених русел – 1,12; для обмеженого меандрування – 1,15; для осередкових русел – 1,2; для каналізованих русел – 1,25; для вільного меандрування русел – 1,3;  $\Delta$  – абсолютна висота виступів шорсткості ложа русла, яка для русел з яскраво виявленим шаром самовимощення ложа русла дорівнює значенням середньозваженого діаметра  $D_{ср.зв}$ , а для інших випадків визначається за формулою

$$\Delta_{ср.зв} = 0,7 d_{ср.зв} / S_0. \quad (4.1.3)$$

Середні значення  $T_p$  для основних річок Українських Карпат відповідно дорівнюють:

- 1 - нерозмивне (скельне) русло з нечітко виявленими берегами – 0,8;
- 2 - стиснене русло (тіщина) з обривистими берегами – 0,45;

- 3- каналізоване русло – 0,2;
- 4- стиснене русло з необмеженим надходженням наносів – 0,38;
- 5 - обмежене меандрування русла – 0,35;
- 6– осередкове русло (руслова багаторукавність) – 0,25;
- 7– незавершене меандрування – 0,15;
- 8– вільне меандрування – 0,125.

4.1.15 На передгірних ділянках річок в широких долинах, де спостерігається незначний запас алювію і вихід корінних (скельних) порід, при проходженні катастрофічних паводків має місце блукання русла. При цьому спостерігаються значні звали потоку в сторону берегів (захисних дамб). Акумуляція наносів на цих ділянках обумовлює складний рельєф ложа русла зі значними поперечними похилами. Регулювання руслових деформацій на цих ділянках (розчистка русла, русловиправні роботи і т. ін.) є найбільш актуальною задачею стосовно надійності функціонування єдиного протипаводкового комплексу.

## 4.2 РОЗРАХУНОК РУСЛОФОРМУЮЧИХ ВИТРАТ

4.2.1. Руслоформуєча витрата водотоку ( $Q_{pf}$ ) – це така витрата (еквівалентна дії суми витрат за багаторічний період в межах структурного розвитку системи – від найнижчого до найвищого рівня), при якій надлишок енергії потоку на тлі процесів збурення і гальмування витрачається на формування в руслі характерних (типових) гідроморфологічних структур на найвищому рівні самоорганізації ГДС п-р і транзиту неруслоформуєчих наносів, які визначають безперервно-дискретну форму транспорту наносів (руслових деформацій) і динамічну рівновагу системи в цілому.

4.2.2 Руслоформуєча витрата являє собою інтегральну характеристику ГДС п-р. Вона обумовлює відносно найбільш стійке функціонування цієї відкритої системи на найвищому рівні структурного саморозвитку.

В руслових розрахунках ця характеристика використовується досить широко, а саме:

- при оцінці транспортуючої здатності водотоку;
- при розрахунку русловиправної траси;
- при розрахунку всіх видів руслових деформацій.

4.2.3 Розрахунок руслоформуєчих витрат проводиться за рівнянням динамічної

рівноваги ГДС п-р , яке має наступний вигляд

$$\frac{(B_{p\phi} h_{p\phi})^{5/3}}{Q_{p\phi}} \sqrt{\frac{\Delta Z - \Delta(V_0^2 / 2g)}{\Delta l}} - \frac{\psi^{1/2} R_{p\phi}^{1/6}}{\sqrt{2g} (4 \lg \frac{h_{p\phi}}{D_{ср.зв}} + 4,25)} = 0, \quad (4.2.1)$$

де  $\omega_{p\phi}$  - площа поперечного перерізу водотоку (питома руслоформуюча ємність водотоку) при проходженні розрахункової руслоформуючої витрати;

$h_{p\phi}$  – середня глибина потоку при руслоформуючій витраті;

$Q_{p\phi}$  – розрахункова руслоформуюча витрата водотоку

$$(Q_{p\phi} = h_{p\phi} B_{p\phi} V_{0,p});$$

$\Delta Z / \Delta l$  – гідравлічний похил на ділянці водотоку при квазірівномірному режимі ( $I \approx i$ );

$$\frac{\Delta(V_0^2 / 2g)}{\Delta l} - \text{градієнт питомої кінетичної енергії потоку при проходженні}$$

паводку з витратою  $Q_{p\phi}$ ;

$\Psi$  - коефіцієнт гідравлічного опору руслових форм, який змінюється в межах від 1 до 1,3 в залежності від типу русла;

$R_{p\phi} = (h_{p\phi} B_{p\phi}) / \chi_{p\phi}$  – гідравлічний радіус водотоку при проходженні паводку з руслоформуючою витратою;

$D_{ср.зв}$  – середньозважений діаметр частинок суміші наносів шару самовимощення дна русла.

Значення  $\Psi$  орієнтовно можна назначати таким чином:

- для скельних русел (блоковане меандрування)

$$\Psi = 1,35 - 0,25 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.2)$$

- для стиснених русел (блоковане меандрування)

$$\Psi = 1,25 - 0,2 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.3)$$

- для обмеженого меандрування

$$\Psi = 2,43 - 2,0 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.4)$$

- для осередкових русел (розсіяне меандрування)

$$\Psi = 1,8 - 1,2 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.5)$$

- для незавершеного меандрування

$$\Psi = 1,5 - 0,8 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.6)$$

- для вільного меандрування русел

$$\Psi = 1,05 + 0,65 F_{r \text{ рф}}; \quad (4.2.7)$$

- для каналізованих русел (відносно прямолінійних зі стійкими берегами)

$$\Psi = 1 + 0,5 F_{r \text{ пф}}. \quad (4.2.8)$$

4.2.4. Значення середньозваженого діаметра частинок наносів поверхневого шару ложа русла  $D_{\text{ср.зв}}$  для стадії динамічної рівноваги ГДС п-р визначається за формулою

$$D_{\text{ср.зв}} = \frac{0,8 d_{\text{ср.зв}}}{S_0^{0,9}} \approx \frac{0,7 d_{\text{ср.зв}}}{S_0} = \Delta_{\text{ср.зв}}, \quad (4.2.9)$$

де  $\Delta_{\text{ср.зв}}$  – середньозважене значення абсолютної висоти виступів шорсткості ложа русла при наявності шару самовимощення;

$d_{\text{ср.зв}}$  – середньозважений діаметр руслових відкладів без урахування шару вимощення ложа русла;

$S_0$  – коефіцієнт неоднорідності суміші руслових відкладів без урахування шару самовимощення ложа русла

$$(S_0 = \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}} = 0 - 1). \quad (4.2.10)$$

4.2.5 Значення середньої швидкості водного потоку для стану динамічної рівноваги ГДС п-р визначається за формулою 4.2.11-4.2.13

- для плоского потоку при логарифмічному законі розподілі місцевих осереднених (поздовжньої складової) швидкостей течії по глибині

$$V_{\text{д.р}} = \frac{1,3}{S_0^{0,25}} \lg \frac{8,8 h_{\text{пф}}}{d_{\text{ср.зв}}} \sqrt{\frac{2g(\rho_n - \rho)}{3,5\rho}} d_{\text{ср.зв}}, \quad (4.2.11)$$

де  $\rho_n, \rho$  - відповідно питома щільність частинок наносів і питома густина води

( $\rho_n = 2650 \text{ КГ/М}^3$ ,  $\rho = 1000 \text{ КГ/М}^3$ );

- для водного потоку з показниковим законом розподілу місцевих швидкостей по глибині течії

$$V_{\text{др}} = \frac{m - 1,5}{m + 1} \left( \frac{h_{\text{пф}}}{D_{\text{ср.зв}}} \right)^{1/m} \sqrt{\frac{g(\rho_n - \rho)}{\rho}} D_{\text{ср.зв}}, \quad (4.2.12)$$

де  $m$  – безрозмірний показник, який визначається за формулою

$$m = 2,24 \lg \frac{h_{\text{пф}}}{D_{\text{ср.зв}}} - 0,21 \left( \lg \frac{h_{\text{пф}}}{D_{\text{ср.зв}}} \right)^2 + 2,2. \quad (4.2.13)$$

Рівняння (4.2.1) розв'язується методом підбору на основі попереднього розрахунку  $\Psi$ ,  $D_{\text{ср.зв}}$  і  $V_{\text{др}}$  з використанням для корегування значень вихідних даних



гідроморфологічних зв'язків  $Q=f(h)$ ,  $Q=f(\omega)$ ,  $Q=f(V)$ . При відсутності таких зв'язків для конкретних ділянок річок рекомендується використати друге рівняння, а саме - функцію локальної подібності [ 38]

$$\frac{h_{p\phi} (gB_{p\phi})^{0,25}}{Q_{p\phi}^{0,5}} = M \left[ f \left( \frac{x}{B} \right) \right], \quad (4.2.14)$$

яке для стадії динамічної рівноваги ГДС п-р гірських річок орієнтовно відповідає виразові

$$\frac{h_{p\phi} (gB_{p\phi})^{0,25}}{Q_{p\phi}^{0,5}} = 0,55. \quad (4.2.15)$$

### 4.3 АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙ РІЧКОВИХ РУСЕЛ

4.3.1. Деформації річкових русел є результатом взаємодії річкового потоку, підстилкової поверхні та наносів, що надходять з поверхні водозбору. Характер та інтенсивність деформацій визначаються рядом факторів, головними з яких є гідрологічний режим річки, гідравлічні характеристики потоку, рельєф долини, морфологічні особливості русла, склад корінних і покрівних порід, міра їх опору розмиву, гранулометричний склад наносів та інтенсивність їх надходження з водозбору.

Активізація ерозійних процесів в значній мірі пов'язана із антропогенними факторами, які на окремих ділянках річок стали домінуючими.

4.3.2 В часовому розрізі руслові деформації поділяються на зворотні і незворотні. Зворотні деформації є своєрідною формою транспорту наносів, що полягає в почерговій зміні процесів розмиву та акумуляції в залежності від фази гідрологічного режиму річки. Морфологічна будова русла при цьому залишається незмінною, тобто забезпечується відносна стійкість русла.

Незворотні руслові деформації є результатом однонаправленої дії процесу ерозії або акумуляції, що обумовлює суттєву перебудову річкового русла і зміну його поздовжнього профілю.

4.3.3 По характеру прояву руслові деформації поділяються на планові (бокова ерозія), вертикальні (глибинна ерозія) і структурне переміщення руслових форм.

Планові деформації обумовлені розмивом і підмивом (з подальшим обрушенням) та нарощенням берегів річки, проявляються в зміні обрисів русла і заплави в поперечному розрізі, особливо на ділянках з розвинутими процесами меандрування, а

також на ділянках руслової багаторукавності.

Вертикальні деформації є результатом процесів розмиву або акумуляції по дну ложа русла, в результаті яких відбувається переформування поздовжнього профілю річки в цілому, або на окремих його ділянках.

Переміщення руслових форм (боковиків, гряд, осередків, плесів, перекатів і ін.) є проявом транспорту наносів. Їх розрахунок на гірських річках проводиться в місцях русловиправних робіт і гідротехнічних споруд з метою запобігання занесенню і підмиву водозаборів, прольотів мостів, опор трубопроводів та ЛЕП.

4.3.4 Деформації, що проявляються по всій довжині, або ж на значному протязі річки називаються загальними, а деформації місцевого характеру – локальними. Розвиток деформації може відбуватися проти течії (регресивні) і в напрямку за течією (трансгресивні)

4.3.5 Розрахунки руслових деформацій і пов'язаного з ними транспорту наносів базуються на методах прогнозу структурного переміщення руслових форм (мікроформ, мезоформ, макроформ), або балансовому метод, в основі якого покладено рівняння деформацій.

Структурний підхід головним чином використовується при розрахунку екстремальних відміток дна, положення берегів, періоду оповзання руслових форм, циклу розвитку звивин і проток.

Балансовий метод використовується для оцінки загального характеру деформацій русла, занесення кар'єрів завислими наносами, їх осідання в зонах виклинювання підпору і в водосховищах.

4.3.6. Характер прояву, направленість, інтенсивність, а також методи розрахунку деформацій русла в значній мірі пов'язані із типом руслового процесу на конкретній ділянці річки. Специфічні умови розвитку руслових деформацій характерні для ділянок розміщення гідротехнічних споруд, особливо на водосховищах, в зоні їх підпору, а також в нижніх б'єфах гідровузлів.

В результаті оцінки деформацій повинні бути визначені екстремальні відмітки дна і положення бровок берега на час розрахункового прогнозу.

4.3.7. При розрахунку руслових деформацій необхідно враховувати типові схеми розвитку русла і заплави (типи руслового процесу), що визначаються в результаті гідроморфологічного обстеження ділянки річки і типізації руслового процесу.

4.3.8 Розрахунки і прогноз руслових деформацій виконуються з врахуванням

вимог розділів 2-5 ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Методики розрахунку вибираються виходячи з характеру робіт для яких проводиться розрахунок, необхідної точності розрахунків і наявності вихідної інформації, необхідної для проведення розрахунків.

4.3.9 Розрахунки місцевих розмивів біля річкових споруд і мостових опор виконуються за методикою О.Є. Щодро [39], що отримана в результаті експериментальних натурних, і теоретичних досліджень полів придонних миттєвих швидкостей і тисків у зонах місцевого розмиву біля мостових опор і оголовків регуляційних споруд.

4.3.10 Для умов гірських річок значення максимально можливого розмиву підосви берега або споруди ( $h_{я}$ ) також розраховуються по методиці І.І. Херхеулідзе [40], що апробована для річок Українських Карпат, не потребує великої кількості вихідної інформації і є доступною для проведення оперативних інженерних розрахунків.

Значення максимально можливого розмиву  $h_{я}$  розраховується за формулою

$$h_{я} = \left( \frac{q}{W_{н}} \right)^{1/(1+x)}, \quad (4.3.1)$$

де  $q$  – питома витрата,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$W_{н}$  – параметр рівняння нерозмиваючої паводкової швидкості для побутового русла;

$x$  – параметр нерозмиваючої швидкості потоку.

Параметр  $W_{н}$  розраховується за формулою

$$W_{н} = \frac{V_{дон.н}}{H^x} = 0,54(d_{30\%} + 0,05)^{0,27} f_1(\Theta) f_2(\beta) f_3(\tau) f_4(\varepsilon), \quad (4.3.2)$$

де  $V_{дон.н}$  – середня допустима (нерозмиваюча) швидкість потоку для неоднорідних незв'язаних ґрунтів (наносів),  $\text{м}/\text{с}$ ;

$H$  – середня глибина потоку при максимальних розрахункових витратах,  $\text{м}$ ;

$d_{30\%}$  – середній діаметр максимальних частинок руслових відкладів, яких вміщується за кривою механічного складу 30% (орієнтовно можна брати  $D_{ср.36}$ ), при цьому пробу наносів необхідно брати без врахування шару самовимощення;

$f_1(\Theta)$ ,  $f_2(\beta)$ ,  $f_3(\tau)$ ,  $f_4(\varepsilon)$  – функції, які враховують специфічні властивості водотоку, орієнтовно для передгірної зони вони можуть бути прийняті відповідно рівними 0,9; 1,0; 1,1; 1,0.

Параметр нерозмиваючої швидкості  $x$  вираховується за формулою

$$x = \frac{0,45}{(d_{30\%} + 0,35)^{0,1}} \quad (4.3.3)$$

Для контролю значення параметра  $W_n$  можна вирахувати за формулою

$$W_n = \frac{V_{\text{доп.н}}}{H_x} \quad (4.3.4)$$

При цьому значення  $V_{\text{доп.н}}$  беруть відповідно до проведених рекомендацій (п.4.3.7 посібника).

4.3.11 Найбільш повно методика розрахунку деформацій дна і берегів гравійно-галькових русел річок Українських Карпат розроблена В.О. Базилевичем і П.І.Коваленком, що базується на побудові кривих вільної поверхні, плану течій і придонних струменів [29]. Однак, дана методика є надзвичайно трудомісткою (навіть з використанням обчислювальної техніки) і її використання доцільне при розрахунках особливо важливих об'єктів значної протяжності і після проведення спеціальних натурних гідрологогеоморфологічних досліджень.

4.3.12 Проведені в ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 рекомендацій по розрахунку планових переформувань русел вимагають наявності багаторічних матеріалів спостережень (або картографічних матеріалів за різні періоди) за русловими деформаціями. За їх відсутності, для прогнозу планових деформацій русел рекомендується спрощений варіант методики розрахунку деформацій гірських річок, без побудови плану течії і придонних струменів [29].

#### *Розрахунок планових деформацій русел.*

4.3.13 Методика призначена для русел гірських і передгірних ділянок річок Українських Карпат в діапазоні середньозважених діаметрів донних відкладів  $d_{\text{ср.зв}}=10-250$  мм, глибини потоку  $H=0,5-5,0$  м і похил русла  $i=0,0008-0,03$ . Основною формою руху донних наносів прийнята безгрядова (без рифелів і дрібних гряд) в вигляді суцільного волочіння окремих часток наносів по поверхні мезоформ (боковики, відмілини, осередки, перекати, плесові ложини).

4.3.14 Характеристики ґрунту русла приймаються в розрахунках без врахування шару самовимощення. При наявності матеріалів проб, відібраних без виділення шару самовимощення, отримані значення середньозваженого діаметру необхідно зменшити на 30%, а значення коефіцієнту неоднорідності ( $S_0$ ) збільшити на 20%.

4.3.15 Розрахунки просторових деформацій необхідно виконувати в межах

розрахункових струменів. Враховуючи, що на гірських і передгірних річках основними руслоформуючими наносами є волокові, за розрахункові можна приймати лише придонні струмені, які визначають напрямок руху волокових наносів і мають товщину максимальних розмірів часток цих наносів.

4.3.16 За основне рівняння методики розрахунку прийнято рівняння деформацій (балансу волокових наносів) в вигляді

$$\frac{\Delta Q_{\text{вол}}}{\rho_0 \Delta l} + b_m \frac{\Delta L_g}{\Delta t} = 0, \quad (4.3.5)$$

де  $Q_{\text{вол}}$  – різниця вагових витрат волокових наносів в придоннім струмені, що поступає в на розрахункову ділянку деформацій і виноситься з неї;

$L_g$  – зміна відмітки дна русла, осереднена по площі розрахункової ділянки деформацій за розрахунковий інтервал часу  $\Delta t$ ;

$b_m$  – середня на розрахунковій ділянці ширина придонного струменю;

$\Delta l$  – довжина розрахункової ділянки деформацій;

$\rho_0$  – щільність донних відкладів, що визначається як

$$\rho_0 = (1 - \varepsilon) \rho_s, \quad (4.3.6)$$

де  $\rho_s$  – щільність наносів ;

$\varepsilon$  - коефіцієнт пористості донних відкладів (при відсутності даних замірів приймається рівним 0,35).

За параметр, що визначає вплив потоку води на розмивне русло використано динамічну швидкість  $U$ .

Значення розрахункових динамічних швидкостей для придонних струменів на поперечниках визначається на основі середніх на вертикалі швидкостей по залежності Шезі

$$U_i = V_i \frac{\sqrt{g}}{C} = V_i \frac{\sqrt{g} n}{H^y}, \quad (4.3.7)$$

де  $V_i$ ,  $H_i$ ,  $n$  – середня на вертикалі швидкість, глибина потоку і коефіцієнт шорсткості дна, осереднені для кожного придонного струменю на поперечнику;

$i$  – номер розрахункової вертикалі.

Значення коефіцієнту шорсткості  $n$  приймається на основі візуального опису ділянок поперечного перерізу русла і заплави по класифікаціях М.Ф. Срібного [41], В.Т. ЧОУ [42], або інших опублікованих рекомендаціях. При наявності результатів натурних замірів на розрахунковій ділянці поперечного перерізу русла визначається за

формулою Шезі-Манінга

$$n = \frac{H^{2/3} i^{1/2}}{U}, \quad (4.3.8)$$

Для зернистих гравійно-галькових безгрядових чистих русел коефіцієнт  $n$  може бути визначений за формулою

$$n = \frac{\Delta^{1/6}}{7,3\sqrt{g}}, \quad (4.3.9)$$

де  $\Delta$  - середня висота виступів шорсткості, що визначається по залежності

$$\Delta = \frac{0,7d_0}{S_0}, \text{ або } \Delta = D, \text{ при } S_0 = 0,2-0,7, \quad (4.3.10)$$

де  $d_0$  і  $S_0$  – середньозважений діаметр і неоднорідності ґрунту без врахування самовимощення русла;

$D$  – середньозважений діаметр самовимощення, що визначається за формулами

$$D = 0,8 \frac{d_0}{S_0}, \text{ при } S_0 \leq 0,7 \quad (4.3.11)$$

$$D = \frac{d_0}{S_0^{0,3}}, \text{ при } 0,7 < S_0 < 1 \quad (4.3.12)$$

4.3.17 Методика призначена для розрахунку інтенсивності розмиву дна гірських водотоків (середній діаметр порід, що складають русло більше 1,5 мм) у випадку, коли розмив берега відбувається шляхом підмиву його нижньої частини і періодичного обвалу крупних масивів берега з подальшим переміщенням по дну і в завислому стані;

4.3.18 Приймається, що розмив берега визначається величиною динамічної швидкості (дотичного напруження) на дні придонного струменю, біля берега  $U^B$ , а величина нерозмивної динамічної швидкості, що відповідає початку розмиву берега  $U_{*нер}^B$  визначається за формулою

$$U_{*нер}^B = 0,189 \sqrt{\rho' g d^B}, \quad (4.3.13)$$

$$\text{де } \rho' = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho};$$

$\rho_0$  і  $\rho$  - щільність наносів і води (приймається відповідно 2650 і 1000 кг/м<sup>3</sup>);

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$d_H^B$  – середньозважений діаметр ґрунту в нижній частині берега, мм.

4.3.19 Інтенсивність розмиву берега, що складений гравійно-гальковими ґрунтами, продукти розмиву якого транспортуються, головним чином, шляхом

волочіння, рекомендується визначать по емпіричній залежності

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,83 \times 10^{-4} \frac{d_n^B W_H^B}{H^B} \left( \frac{U_*}{U_{*n}^B} \right)^{12}, \quad (4.3.14)$$

або по дослідній формулі, аналогом якої є теоретично обґрунтована залежність для витрати волокових наносів Ейнштейна

$$\left( q = 0,023 \rho_s \sqrt{\rho' g d^3} \frac{P}{1-P} \right), \quad (4.3.15)$$

до вигляду

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,006 \frac{d_n^B W_H^B}{H^B} \frac{P}{1-P}, \quad (4.3.16)$$

де

$\Delta B$  – осереднена на довжині розрахункової ділянки планове зміщення берега за відрізок часу  $\Delta t$ ;

$d_n^B$  – середньозважений діаметр ґрунту в нижній частині берега;

$W_H^B$  – гідравлічна крупність цього ж ґрунту, що визначається в залежності від величини  $d_n^B$  ( $d = d_n^B$ ) за формулою В.М. Гончарова, для  $d \geq 1,5$  мм

$$W = 1,07 \sqrt{\rho' g d}, \quad (4.3.17)$$

де  $H^B$  – висота берега, що розмивається без верхнього рослинного шару;

$P$  – ймовірність волочіння наносів, що визначається з графіка (рис. 4.3.1)

$P=f(T)$ , при

$$T = 2 \left( \frac{U_{*n}^B}{U_*^B} \right)^2. \quad (4.3.18)$$

4.3.20 Розрахунок волокових наносів  $R_{вол}^B$ , що надходять на дно розрахункової ділянки приберегового придонного струменю, за рахунок розмиву цього берега визначається

$$R_{вол}^B = \rho_0^B \frac{\Delta B}{\Delta t} H^B \Delta l^B K_{вол}^B; \quad (4.3.19)$$

де  $\rho_0^B = (1 - \varepsilon^B) \rho_s$ ,

де  $\varepsilon^B$  – коефіцієнт пористості ґрунту берега (при відсутності спостереження приймається 0,35 і, відповідно  $\rho_0^B = 1700$  кг/м<sup>3</sup>);

$K_{вол}^B$  – вміст волокових наносів в ґрунті обваленого берега (в долях від одиниці).

4.3.20 Вміст волокових наносів ( $K_{вол}^B$ ), середньозважений діаметр  $d_{вол}^B$ , і коефіцієнт неоднорідності  $S_{вол}^B$  волокових наносів, що надходять від розмиву берега

визначається шляхом розрахунку зміни гранулометричного складу обваленого ґрунту за рахунок переходу частинок дрібних фракцій в завислий стан. Для гравійно-галькових берегів, продукти розмиву яких транспортуються, в основному, у волоковому стані, для практичних розрахунків можна прийняти наближенні значення величини  $K_{вол}^B$ ,  $d_{вол}^B$ ,  $S_{вол}^B$ :

$$K_{вол}^B = 0,90-0,95;$$

$$d_{вол}^B = 1,08 d^B;$$

$$S_{вол}^B = 1,08 S^B,$$

де  $d^B$ ,  $S^B$  – середньозважений діаметр і коефіцієнт неоднорідності ґрунту всього берега без ґрунту верхнього рослинного шару (який переважно складений дрібнодисперсними частками і тому в формуванні волокових наносів не враховується).

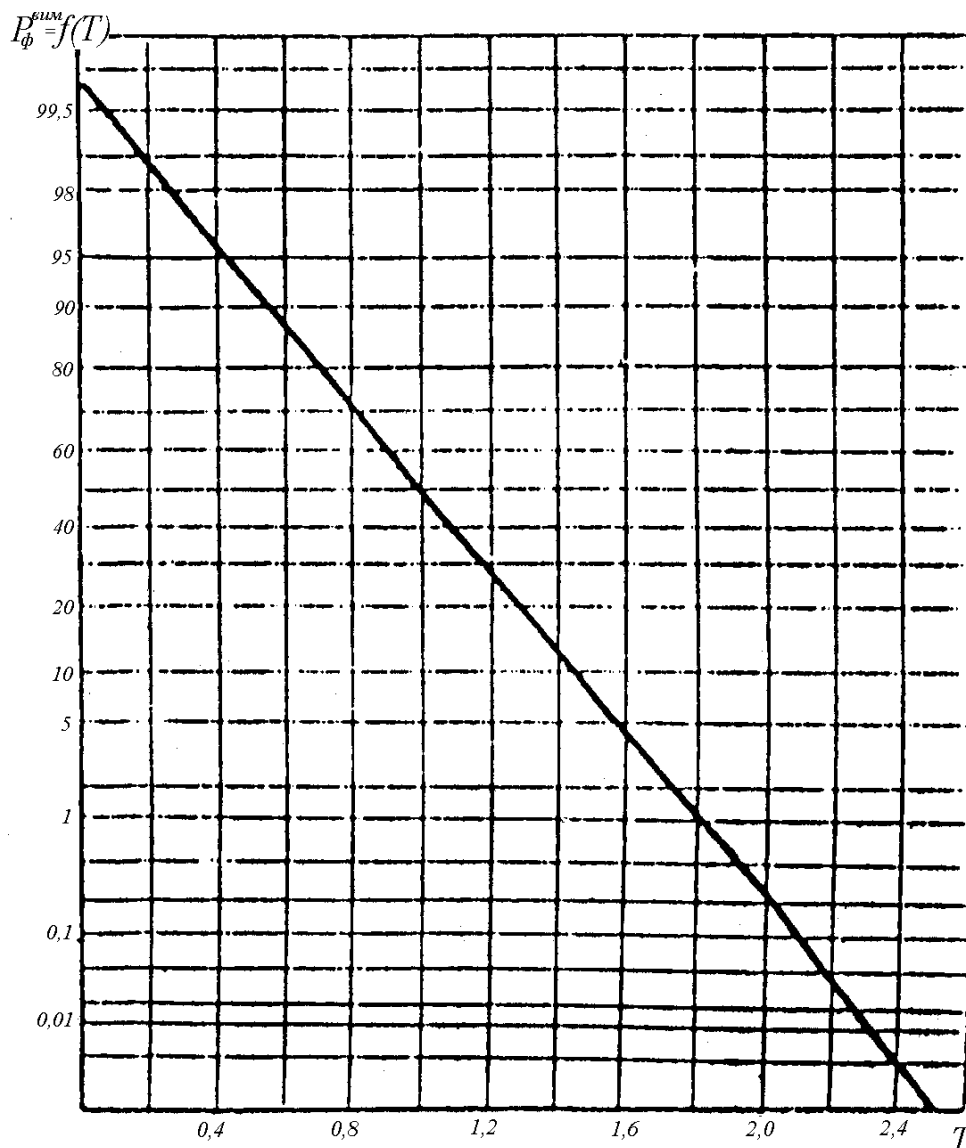


Рис. 4.3.1. Графік залежності  $P=f(T)$



4.3.21 У випадку відсутності проб ґрунтів берега, відібраних на розрахунковій ділянці русла, для наближених розрахунків деформацій гравійно-галькових русел, що не мають обмеження розмиву скельними породами або обвалами валунів, за ґрунт берега по всій висоті можна прийняти вихідний ґрунт дна русла, характеристики якого визначені по матеріалах проб відбору руслових відкладів.

4.3.22 Приведені рекомендації по розмиву гравійно-галькових берегів можуть бути також використані при розрахунку деформацій русла в одномірній постановці задачі, тобто при визначенні інтенсивності розмиву берега і загальної витрати наносів, що надходять в річковий потік. У результаті даного розмиву, по динамічній швидкості  $(U_{*n}^B)_I$ , необхідно використовувати зв'язок

$$(U_{*n}^B)_I = K(U_{*n}^B), \quad (4.3.20)$$

де  $K=1$  для ввігнутих берегів звивини, коли динамічна вісь потоку знаходиться поблизу берега;  $K=1,2$  для слабозвивистих ділянок русла, коли динамічна вісь потоку віддалена від розмивного берега.

4.3.23 Приведена залежність (4.3.20) при розгляді з врахуванням (4.3.19) і (3.4.14) засвідчує, що при рівних середніх параметрах всього потоку інтенсивність розмиву ввігнутого берега на звивині в 4 рази перевищує інтенсивність розмиву на слабозвивистих ділянках русла.

4.3.24 При співставленні значень питомої витрати волокових наносів, отриманих по формулі Ейнштейна і В.О. Базилевича (4.3.19), з врахуванням (4.3.16) і п.4.3.24 при  $d=d_n^B=d^B=d_{вол}^B$ ;  $K_{вол}^5=1$  і значеннях  $\rho_s=2650 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho=1750 \text{ кг/м}^3$ , умови розмиву гравійно-галькових берегів відповідають наступним співвідношенням поперечної (утвореної від розмиву берега) питомої (на одиницю довжини берега) витрати наносів  $q_{вол}^B$  і поздовжньої питомої (на одиницю ширини дна русла)  $q_{вол}$  витрати волокових наносів:

- при вирішенні планової задачі в плановім струмені біля розмивного берега і при вирішенні одномірної задачі при розмиві ввігнутого берега крутої звивини

$$q_{вол}^B = 0,185 q_{вол}; \quad (4.3.21)$$

4.3.25 При вирішенні одномірної задачі на слабозвивистих ділянках русла

$$q_{вол}^B = 0,046 q_{вол} \quad (4.3.22)$$

Співвідношення (4.3.21) і (4.3.22) можна використовувати для наближених розрахунків розмиву берегів складених будь яким ґрунтом, що буде транспортуватися після обрушення у завислому стані так і волоковим шляхом.

#### 4.4 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУСЕЛ ГІРСЬКИХ РІЧОК

4.4.1 Поняття стійкість русла досить широко використовується в русловій гідравліці. Великий обсяг напрацювань в цьому напрямку в основному зводиться до визначення того чи іншого критерію з оцінки стійкості русла за аналогією числа Лохтіна [43]. З іншого боку, це поняття є досить умовним, оскільки річкові русла завжди знаходяться в стані постійної зміни в результаті безперервної взаємодії з русловим потоком, наслідком якої є безперервно-дискретний характер транспортування наносів, ерозійно-аккумулятивні процеси в руслі і динамічна рівновага системи потік - русло в цілому.

4.4.2 Розглядаючи водний потік, як самоорганізуючу систему, є більш доцільним використання такого поняття (категорії), як розвиток (розвиток ГДС<sub>п-р</sub> або розвиток явищ меандрування і самовимощення ложа русла). При такому методологічному підході відкрита система “потік-русло” розглядається через оцінку окремих станів в реальному діапазоні зміни руслової ситуації при проходженні руслоформуючих паводків. Таким чином, розглядаючи водний потік в контексті саморозвитку ГДС<sub>п-р</sub>, стійкість русла набуває відносного інтерактивного характеру, на що акцентується увага в роботі К.В.Грішаніна [44].

4.4.3 Оптимальним станом ГДС<sub>п-р</sub> під час проходження руслоформуючих паводків щодо діючих силових полів і розвитку руслових процесів, при якому руслові деформації відбуваються під впливом транзиту наносів у яскраво виражених типових структурних формах (гряди, боковики, осередки, меандри) є динамічна рівновага на відповідній ділянці відкритого потоку.

4.4.4 В першому наближенні оцінку стану динамічної рівноваги можна виконати на основі рівняння пропускної здатності водотоку з алювіальним руслом на найвищому рівні самоорганізації ГДС<sub>п-р</sub>, приведенного до такого вигляду

$$\frac{B_{p\phi} h_{p\phi}^{\frac{5}{3}}}{Q_{p\phi}} \sqrt{\left[ \Delta z - \Delta \left( \frac{v_0^2}{2g} \right) \right] / \sqrt{\Delta l}} - \frac{\Psi^{\frac{1}{2}} R_{p\phi}^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{2g} \left( 4 \lg \frac{h_{p\phi}}{D_{cp.36}} + 4.25 \right)} = 0, \quad (4.4.1)$$

де  $B_{p\phi}$  - ширина русла на вільній поверхні водотоку при руслоформуючій витраті, м;

$h_{p\phi}$  - середня глибина водотоку при проходженні руслоформуючої витрати, м;

$Q_{p\phi}$  - руслоформуюча витрата водотоку на найвищому структурному рівні самоорганізації ГДС<sub>п-р</sub>, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta Z$  - падіння вільної поверхні води, м;

$\Delta \left( \frac{v_0^2}{2g} \right)$  –доля зміни питомої кінетичної енергії водотоку на довжині ділянки

русла  $\Delta l$  ;

$\Psi$  -коефіцієнт, який оцінює опір руслових форм в залежності від типу руслового процесу (типу русла);

$R_{pf}$  –гідравлічний радіус водотоку при проходженні руслоформуючої витрати, м;

$D_{cr.36}$  - середньозважений діаметр гранулометричного складу шару самовимощення дна русла ;

4.4.5 Опір зернистої шорсткості русел гірських річок, складених із піщано-гравійно–галькових ґрунтів, домінуюче (приблизно на 80%) визначається самовимощенням дна. Орієнтовно 20-30% приходить на опір силовому полю самих руслових форм [44;45]. Ця відносно мала доля опору в більшій мірі відноситься до типових мезоформ і макроформ (боковики, осередки, меандри).

4.4.6 Оцінку розвитку руслових переформовувань, а також оцінку відносної стійкості русла доцільно вести на основі характеристики станів функціонування ГДС<sub>п-р</sub> і відповідно їм - стійкості шару самовимощення дна русла, а саме ( за В.В.Онищуком):

4.4.7 Стійкий стан річища (статична рівновага ГДС<sub>п-р</sub>) – це наявність яскраво вираженого самовимощення дна русла (береги, як правило обривисті), сформованого шляхом активного розмиву товщі алювіальних відкладів при проходженні руслоформуючих і руслоруйнівних паводків. Даний стан характеризується відсутністю будь-яких деформацій дна русла, а потоком виносяться на протязі тривалого періоду часу лише окремі (відносно легкі або найбільш нестійкі на поверхні ложа) донні частки наносів  $d=d_{cr.36}$  , яких у суміші поверхневого шару не більше 10% (при наявності транзиту наносів). Середня швидкість потоку, яка відповідає даному стану, може бути прийнята за “незриваючу” для суміші неоднорідних наносів  $v_{н.н}$  і визначена за формулою [18].

$$v_{н.н} = v_{н.о} S_0^{0.25}, \quad (4.4.2)$$

де  $v_{н.о}$  - середня незриваюча швидкість потоку для однорідних наносів

$d = d_{cp.38}$  (  $d_{cp.38}$  - середньозважений діаметр суміші руслових відкладів без урахування, при гранулометричному аналізі, шару самовимощення);

$$S_0 = \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}} - \text{коефіцієнт неоднорідності суміші руслових відкладів без обліку}$$

шару самовимощення ( так званої підстилкової основи), який змінюється в діапазоні від 0 до 1. Для річок Українських Карпат значення  $S_0$  змінюється від 0.2 до 0.5, а для їх самовимощення від 0.5 до 0.8;

4.4.8 Нестійкий стан річища (критичний стан ГДС<sub>п-р</sub> )- це зрив шару самовимощення (на самому початку спостерігається локальний розмив поверхневого шару). Даний стан характеризується інтенсивним вимиванням всіх часток наносів із поверхневого шару на фоні масообміну з транзитними наносами. Такий стан ГДС<sub>п-р</sub> може виникати в реальних умовах лише в період проходження руслоруйнівних з катастрофічними наслідками паводків ( наприклад, осінній паводок 1998 року на річках Закарпаття, зокрема на р. Тересва). Середня швидкість водотоку, яка відповідає даному стану, може бути прийнятою за “зриваючу” для неоднорідних незв’язних наносів  $v_{cp.n}$  і визначається за формулою В.В. Онищука

$$v_{cp.n} = v_{зр.о} / S_0^{0.25}, \quad (4.4.3)$$

де  $v_{зр.о}$  – середня зриваюча швидкість потоку для однорідних незв’язних наносів  $d = d_{cp.38}$ .

Значення співвідношення між  $v_{н..н}$  і  $v_{зр.н}$ , як і для однорідних наносів, дорівнює  $v_{зр.н} / v_{н..н} = 1.4$ .

4.4.9 В межах між цими станами є можливість виділити не менш характерні додаткові позиції і особливо важливий серед них стан динамічної рівноваги ГДС<sub>п-р</sub>, що відповідає значенню співвідношення  $v_{дин.р} / v_{н..н} = 1.3$ . При значенні співвідношення рівному 1.2 можна вести мову про наявність порогової рівноваги системи в умовах обмеженого транзиту наносів –

$v_{доп.н} / v_{н..н} = 1.2$  ( $v_{доп.н}$  – допустима (нерозмивна) середня швидкість потоку для неоднорідних незв’язних наносів, яка в практиці проектування використовується для гідравлічного розрахунку берегозахисних укріплень і захисно-регулюючих споруд). І, насамкінець, так званий контрольний стан системи –  $v_{нер.н} / v_{н..н} = 1.1$  ( $v_{нер.н}$  – нерозмивна середня швидкість потоку для неоднорідних незв’язних наносів, яка використовується при гідравлічних розрахунках зарегульованих ділянок річок для оцінки стійкості ґрунтів розмивного русла).

Пороговий (граничний) стан ГДС<sub>п-р</sub> характеризується яскраво вираженим шаром самовимощення дна русла (річища), при якому кожний елемент системи в повній мірі підготовлений до реалізації властивостей самоорганізації ( до формування мікро - і мезоформ рельєфу русла). По відношенню до структури поверхні ложа, то це наявність лускоподібного шару самовимощення, де, як правило, кожна частка наносів займає “узгоджене” місце. Такий стан русла, при обмеженому транзиті наносів, відповідає мінімуму дисипації енергії потоку, що характеризується екстремумом на кривій змін гідравлічного опору [45].

Стан динамічної рівноваги системи також відповідає мінімуму дисипації енергії, але вже при наявності суттєвого транзиту наносів. Важливість цього стану полягає в нормуванні всіх параметрів системи, які дають можливість оцінити тип руслового процесу (тип русла). Тому цей стан є найбільш характерним для фізичного, математичного і імітаційного моделювання руслових процесів, а також екологічної оцінки руслової мережі.

Контрольний стан русла (системи) відповідає рухові мікроструктур на поверхні мезоформ при достатньому транзиті наносів, що має місце на підйомі і спаді паводку.

Універсальними можливостями в цьому плані наділена параметрична залежність К.В.Гришаніна [44].

$$M = h_{pф} (gB_{pф})^{0.25} / Q_{pф}^{0.5} = const \quad (4.4.4)$$

Значення цього параметру для рівнинних річок, при оцінці відносної стійкості, змінюється в діапазоні від 0.75 до 1.05 (при  $M \geq 1.05$  –можлива акумуляція наносів; при  $M \leq 0.75$  – розмив русла. Для гірських річок Українських Карпат значення  $M$  для стану динамічної рівноваги в середньому дорівнює 0.55.

Таким чином, параметр  $M$  доцільно використати при моніторинговій оцінці руслової ситуації в самих різних аспектах.

4.4.10 В загальному плані розуміння діалектики розвитку складних відкритих систем поняття стійкості необхідно розглядати в структурованій формі, що для річкових русел відповідає уже сформованим підходам при вивченні руслових процесів, а саме:

- гідроморфологічна стійкість;
- гідродинамічна стійкість;
- гідроекологічна стійкість.

4.4.11 Гідромрфологічна стійкість ГДС<sub>п-р</sub> нерозривно зв’язана з гідродинамічною

і гідроекологічною стійкостями, якщо розглядати їх під кутом зору цілісності ГДС<sub>п-р</sub> і відповідно використання системного підходу до вивчення руслових процесів. Гідродинамічну стійкість ГДС<sub>п-р</sub> можна характеризувати сталим збереженням відповідного типу руслового процесу (типу русла) на конкретній ділянці річки, що узгоджується із основними положеннями принципу збереження набутого найвищого структурного рівня ГДС<sub>п-р</sub> [43].

4.4.12 В аналітичній формі гідроморфологічну стійкість гірських річок можна виразити через критеріальні залежності (параметри), наприклад, в такому вигляді [45].

$$T_p = (v_{95\%} / v_{\partial.p}) (h_{p.\phi} \sqrt{I} / B_{p.\phi} S_0 \lambda) = const, \quad (4.4.5)$$

де  $v_{95\%}$  - середня швидкість потоку при сталій межні з ймовірністю перевищення витрат 95%;

$v_{\partial.p} = Q_{p.\phi} / h_{p.\phi} B_{p.\phi}$  - середня швидкість потоку при динамічній рівновазі ГДС<sub>п-р</sub>;

$I$  - гідравлічний похил річки при руслоформуючій витраті в стані динамічної рівноваги ГДС<sub>п-р</sub>, який для орієнтовних розрахунків можна приймати рівним похилу дна русла, визначеному за відмітками урізу води в сталу межень;

$S_0$  - коефіцієнт неоднорідності руслових відкладів (без урахування шару самовимощення ложа русла);

$\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного опору, який рекомендується визначати за формулою [45].

$$\lambda = \Psi \lambda_{\Delta} = \Psi / (4 \lg h_{p.\phi} / D_{cp.3\phi} + 4.25)^2$$

( $D_{cp.3\phi}$  - середньозважений діаметр суміші наносів поверхневого шару ложа русла;

$\Psi$  - коефіцієнт, який враховує опір руслових форм і залежить від типу руслового процесу).

4.4.13 Гідродинамічну стійкість ГДС<sub>п-р</sub> (за В.В. Онищуком) найбільш доцільно опосередковано характеризувати сталим збереженням питомої руслової ємності (чаші русла в бровках).

В аналітичній формі гідродинамічну стійкість гірських річок рекомендується представити через критерій наповнення русла транзитним стоком води і наносів

$$K_0 = w_{\phi} / w_{p.\phi} = const, \quad (4.4.6)$$

де  $w_{p.\phi}$  - фактична питома ємність русла при проходженні руслоформуючого паводку;

$w_{p,\phi}$  - розрахункова питома ємність русла при проходженні руслоформуючої витрати в стані динамічної рівноваги ГДС<sub>п-р</sub>.

При рівності цих інтегральних характеристик ( $w_\phi = w_{p,\phi}$ ), що адекватно відповідає оптимальній транспортуючій здатності водотоку, значення  $K_0$  буде дорівнювати 1. Звідси можна зробити висновок про гідродинамічну стійкість русла. При цьому можуть відбуватися планові руслові деформації, які є сутністю функціонування ГДС<sub>п-р</sub> на найвищому структурному рівні самоорганізації. Іншими словами, гідродинамічна стійкість водотоку цілком забезпечена на фоні розвитку явища меандрування русла при умові  $K_0 = 1 = const$ . В інших випадках, при зміні значення  $K_0$  менше 1 можливий розвиток ерозійно-аккумулятивного процесу в напрямку занесення русла і, навпаки, при  $K_0 > 1$  в руслі можуть відбуватися, в залежності від режиму транзиту наносів, незворотні руслові деформації в напрямку розмиву дна (врізання русла, яке може мати на важкорозмивних ділянках річки відкритий характер еволюційних змін руслової ситуації).

4.4.14 Гідроекологічну стійкість ГДС<sub>п-р</sub> для гірських річок необхідно розглядати в аспекті сталого функціонування річкової мережі, а це перш за все збереження природних ландшафтів на фоні стійкого режиму ґрунтового (підземного) живлення водотоків, який може суттєво змінитися під впливом дії антропогенних чинників. Гідроекологічна стійкість ГДС<sub>п-р</sub> опосередковано забезпечується при умові  $T_p = const$ , що трансформується в постійне підтримання і збереження набутого поздовжнього профілю річки. Аналітично це може бути виражено через критерій поздовжньої динамічної рівноваги водотоку  $K_{n,p}$  (в більшій мірі це відноситься до середньої частини водотоку)

$$K_{n,p} = I / i = const, \quad (4.4.7)$$

де  $I$  - гідравлічний похил річки при динамічній рівновазі ГДС<sub>п-р</sub> (переважно при наповненні алювіального русла до його бровок);

$i$  - поздовжній похил ложа річки (долини).

4.4.15 При регулюванні русел річок гідравлічний режим проходження руслоформуючих паводків в водопропускному коридорі бажано формувати близьким до рівномірного ( $K_{n,p} = 1$ ). Квазірівномірний гідравлічний режим “стримує” розвиток явища меандрування. Оскільки, при цьому може спостерігатися вплив режиму транзиту наносів, то необхідно передбачити ємності для їх дискретного відбору по довжині річки [46].

## 4.5 КЛАСИФІКАЦІЯ ПАВОДКІВ

4.5.1 Виходячи із співвідношень між швидкісними показниками потоку і відповідними витратами, доцільно паводкові витрати розглядати під кутом зору розвитку руслових процесів (руслових деформацій) в залежності від структурних рівнів самоорганізації ГДСп-р в межах виділених станів стосовно стійкості русла до розмиву на тлі розвитку явищ самовимощення і меандрування гірських річок. Найнижчий рівень – коли потік може лише транспортувати завислі наноси, не утворюючи при цьому ніяких нових руслових форм (вимив окремих частинок наносів із шару самовимощення), тобто паводкова хвиля вписується в набуту форму русла. Найвищий рівень – це коли паводкова витрата може змінити тип русла і обумовити розвиток незворотних руслових деформацій [47]. Важливим, з погляду як теорії, так і практики, є визначення підходів до систематизації паводків на гірських річках в залежності від розвитку руслових деформацій та їх впливу на різні захисно-регулювальні споруди протипаводкового комплексу.

4.5.2 Враховуючи проведений попередній аналіз можливих станів ГДСп-р, тобто, беручи за основу швидкісну структуру потоку, забезпеченість витрат води, утворення різнорангових руслових форм, ступінь впливу потоку на роботу протипаводкового комплексу і взаємодію між русловим і заплавними потоками, О.Г. Ободовським розроблена схема класифікації паводків на гірських річках (рис. 4.5.1 ), в якій всі паводки гірських річок розділені на п'ять класів, що мають чітку ієрархічну послідовність у формах їх впливу на формування рельєфу русла (у відповідності зі станом функціонування ГДСп-р)[48;49].

4.5.3 Перший, найнижчий в структурі, руслозберігаючий паводок обумовлює лише транспорт завислих наносів, що свідчить про “пасивне” пристосування потоку до раніше утворених руслових форм без будь-якої активної дії на них.

4.5.4 Руслоконтролюючий паводок характеризується станом системи “потік-русло”, коли швидкості потоку не перевищують критичних “незриваючих”. Русло при цьому ще контролює структуру потоку, але на рівні мікроформ вже спостерігається динаміка руслових утворень і має місце незначне руйнування увігнутих берегів меандруючих русел. Під час проходження цих паводків настає “підготовчий” момент до активної взаємодії в системі “потік-русло”.

4.5.5 Руслоформуючий паводок – це такий, при якому має місце активний транспорт наносів до рівня формування яскраво вираженого шару самовимощення, а



руйнування старих руслових форм (як правило, мезоформ) знаходиться у певній відповідності з утворенням нових і активно впливає на горизонтальні руслові деформації. Останнє положення особливо стосується розмиву берегів в умовах явища меандрування. Спостерігаються такі паводки, як правило, в межах руслових брівок за наявності найбільш вигідного гідравлічного перерізу і в момент переходу потоку зі спокійного стану в бурхливий.

4.5.6 Руслоруйнуючий паводок характеризується транспортом всіх видів наносів (в тому числі і зривом шару самовимощення) з активними русловими горизонтальними і вертикальними деформаціями на рівні макроформ і руйнуванням різних інженерних споруд на деяких ділянках русла. Враховуючи той факт, що в гірських умовах заплава може бути відсутньою, або її ширина незначною і не перевищувати 10 ширин русла, то при виході потоку на її поверхню “кінетичний ефект”, пов’язаний з різким згасанням його транспортуючої здатності, не має чіткого прояву. Разом з тим динамічна вісь потоку майже не зміщується і, за вказаних гідравлічних умов, руйнівна дія потоку зростає. Про це свідчить і його бурхливий стан, що обумовлений зростанням кінетичної енергії.

4.5.7 Руслоформуєний паводок з катастрофічними наслідками проходить в умовах суцільного транспорту наносів (в тому числі і шару самовимощення), активними русловими і заплавними деформаціями, зміною спрямованості руслових процесів, типів русла і значними руйнуваннями різних споруд.

4.5.8 Руслозберігаючий і руслоконтролюючий паводки відносяться до категорії пасивних із статичною рівновагою в системі “потік-русло”. За своїми гідравлічними параметрами вони не можуть суттєво впливати на форми прояву та інтенсивність руслових деформацій. Руслоформуєний паводок можна віднести до ряду активних з наявністю динамічної рівноваги в системі “потік-русло”.

Два останні паводки теж входять до категорії активних, але з порушеною рівновагою в системі “потік-русло”. Вони обумовлюють разом з природними, ще й екологічні і соціально-економічні наслідки, які призводять до порушення екологічної рівноваги не лише в системі “потік-русло”, а й в таких системах, як “водозабір-заплава-русло-потік”, “потік-русло-інженерні споруди-господарська діяльність” тощо.

4.5.9 Важливою у даній класифікації є участь ієрархії руслових форм: починаючи з мікроформ – найменших руслових утворень у вигляді невеликих гряд до мезоформ – грядоподібних скупчень наносів, які за розмірами домірні до ширини русла, і

завершуючи макроформами – елементами русла різного порядку (перекати, береги, елементи звивин тощо), які визначають зовнішній вигляд річки [ 49]. Вказані форми русла тісно взаємодіють з різними структурними рівнями в системі “потік-русло”, відповідно з якими і класифіковані типи паводків (рис. 4.5.1 ).

4.5.10 Межею між цими типами паводків опосередковано виступає динамічна рівновага ГДСп-р, а інтегральною характеристикою, окрім значення  $V_{\partial.p.}$  є питома ємність русла  $w_{p\phi}$ .

Таким чином гідродинамічну стійкість гірських річок можна подати через критерії наповнення русла

$$K_0 = w_{\phi} / w_{p\phi} = const, \quad ( 4.5.1 )$$

де  $w_{\phi}$  – фактична питома ємність русла при проходженні руслоформуючої витрати;

$w_{p\phi}$  – розрахункова питома ємність русла при проходженні руслоформуючої витрати.

4.5.11 Оскільки в практиці проектування річкових гідротехнічних споруд, особливо при розробці комплексних схем регулювання річок з метою протипаводкового захисту територій (сільськогосподарських угідь, промислових об’єктів і населених пунктів), від шкідливої дії води найбільш важливим аспектом руслових процесів є визначення пропускної здатності русел при розрахункових рівнях водної поверхні, то у зв’язку з цим важливо відмітити специфічні особливості проходження відповідних класифікованих паводків.

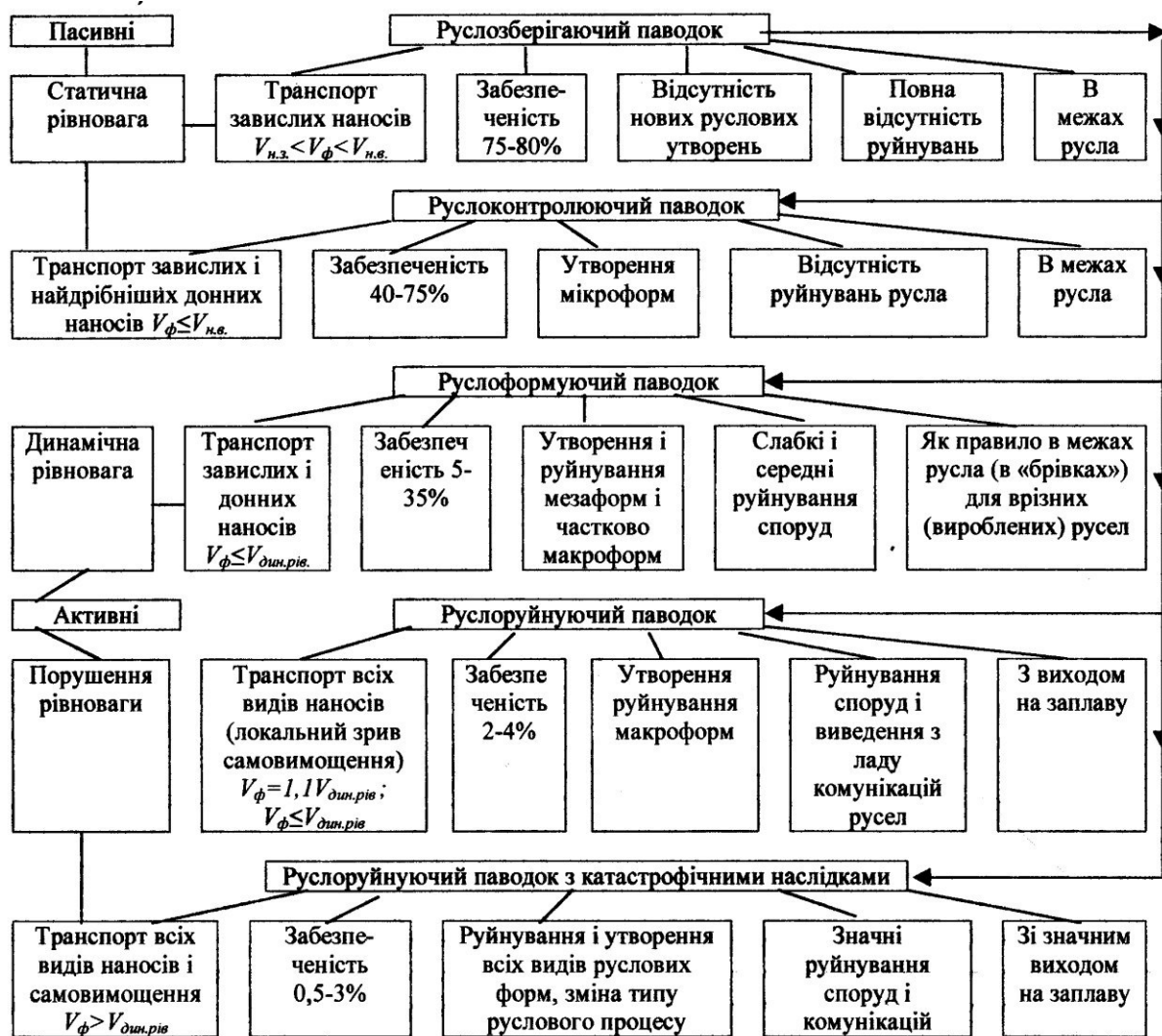


Рис. 4.5.1 Класифікація паводків на гірських річках за умовами їх впливу на руслові процеси і господарську діяльність.

4.5.12 При формуванні пасивних (руслозберігаючий і руслоконтролюючий) паводків, пропускна здатність русел визначається показником гідравлічного опору річища, який обумовлений станом дна і берегів (в залежності від типу русла), і “антропогенним” навантаженням на русло річки (берегозахисні, комунальні та інші інженерні споруди). Щодо складових гідравлічного опору, то перш за все, це опір яскраво вираженого для гірських річок самовимощення дна русла, яке має місце також на поверхнях мезо- і макроформ (боковики, осередки, перекати і плеси). По-друге – це опір руслових форм, які в залежності від типу русла можуть додатково збільшувати гідравлічний опір до 30% по відношенню до зернистої шорсткості самовимощення. По-третє – це опір форми русла або вплив на пропускну здатність берегів річки. І, насамкінець, можна оцінити вплив обмежуючого фактору, який для нерозмивних русел

обумовлений впливом важкорозмивних берегів, а для умов вільного меандрування – берегів, що піддаються розмиву водним потоком із значним поперечним похилом.

4.5.13 При проходженні пасивних паводків в руслі домінують раніше утворені форми, а додатково можуть створюватися і розвиватися мікроформи в різних модифікаціях в залежності від “потужності” паводку.

Серед антропогенних чинників відзначаються впливом на пропускну здатність протипаводкові захисні споруди (підпірні стінки, загати і півзагати), мостові переходи, руслові кар’єри тощо.

4.5.14 За умови проходження активних паводків ситуація щодо пропускну здатності дещо змінюється.

Так, при руслоформуєчих (активних) паводках пропускну здатність русла знаходиться здебільшого в оптимальному режимі і визначається дією всіх складових величин загального гідравлічного опору. Разом з тим, за стрижнем течії транспортування донних наносів відбувається в безструктурній формі, про що свідчить активне руйнування потоком мікроформ і утворення мезоформ. При цьому мають місце слабкі і середні пошкодження приберегових споруд – як правило ті, в проектуванні і будівництві яких не дотримано науково-обґрунтованих норм їх видів і розміщення.

4.5.15 При руслоруйнуючих паводках пропускну здатність русла не залежить від впливу мікро- і мезоформ внаслідок їх руйнації, а в значній мірі залежить від впливу “кінематичного ефекту”, особливо на ділянках із широкими заплавами. Це призводить до тимчасового, але різкого зменшення швидкості течії потоку при виході його на заплаву. Разом з тим потік в гірських умовах набуває бурхливого характеру, що призводить до руйнування самоорганізації системи “потік-русло”, тобто аномального зростання транспорту наносів і зриву шару самовимощення. На нижніх ділянках річок можуть мати місце прориви заплавних масивів і спрямлення звивин, як за рахунок природних процесів, так і внаслідок руйнування протипаводкових і комунікаційних споруд.

4.5.16 За умов проходження руслоруйнуючих паводків з катастрофічними наслідками за рахунок великих об’ємів наносів, що транспортуються і значної кінетичної енергії потоку, відбуваються незворотні руслові деформації. в місцях підпору має місце прояв активного накопичення наносів. в розширеннях долини відбувається блукання динамічної осі потоку й русла. Пропускну здатність

визначається формою русла і заплави та їх шорсткістю. Разом з тим, завдяки потужній транспортуючій здатності потоку, має місце руйнування всіх структурних форм рельєфу ложа. Після проходження таких паводків, як правило, необхідно проводити комплекс відновлювальних, русловиправних і захисно-регулюючих заходів.

4.5.17 Зазначена класифікація має ще один важливий аспект – екологічний. Проходження різних типів паводків мають вельми диференційований вплив на екологічну ситуацію не тільки в руслі річки, а й на її водозборі. Формування активних паводків призводить до змін умов життєдіяльності людей в прибережних зонах річок і заплавлених територіях. А паводки з катастрофічними наслідками, які мають значну руйнівну силу, можуть суттєво впливати на умови проживання і господарювання людини та змінювати різні елементи екосистеми річки. Отже, якщо на рівнинних малих річках найбільшу екологічну напругу в руслах створюють процеси замулення, то гідроекологічний аналіз руслових процесів на гірських річках Карпат (більшість з них теж належить до категорії малих) засвідчив, що найбільш екологічно небезпечними щодо руслоформування виступають активні паводки (особливо руслоруйнуючі і руслоруйнуючі з катастрофічними наслідками), які обумовлюють суттєві руслові деформації і ерозійно-аккумулятивні явища в руслах річок [49].

4.5.18 Застосування основних положень наведеної класифікації на практиці дозволить систематизувати підходи до реалізації низки протипаводкових заходів на гірських річках та у визначенні категорійності, проектування і зведення берегозахисних та регулюючих споруд, виконати оцінку потенційної збитковості при проходженні паводків, особливо активних.

## 5 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДНОСНО СТІЙКИХ ДІЛЯНОК АЛЮВІАЛЬНИХ РУСЕЛ НА РУСЛОВИПРАВНИХ ТРАСАХ

### 5.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1.1 Під поняттям “відносно стійка ділянка алювіального русла” слід розуміти таку ділянку, яка має стабільні морфологічні структури (руслові форми) в поздовжньому і поперечному вимірах, деформації яких не перевищують за максимальними значеннями крупність середньозваженого діаметру суміші руслоформуючих наносів без урахування складу шару самовимощення ложа русла. Такий стан русла можна охарактеризувати динамічною рівновагою ГДСп-р, яка

визначається за допомогою рівняння 3.5.1.

5.1.2 Викладені нижче методи розрахунків відносяться як до побутових умов функціонування ГДСр-р, так і до зарегульованих ділянок річки в таких випадках:

- захисту від розмиву річковим потоком берегів, населених пунктів, промислових об'єктів, ліній зв'язку і електропередач, доріг і т.ін.;
- спрямлення русла на крутих звивинах при виконанні комплексу невідкладних протипаводкових заходів.

5.1.3 Основними розрахунковими елементами ГДСп-р для таких русел є ширина потоку на поверхні і дні, середня і максимальна глибини, середньозважені діаметри руслових відкладів і донних рухомих наносів, їх механічний склад, середній відносно стійкий поздовжній похил дна, коефіцієнти Шезі і шорсткості, середні і максимальні швидкості, витрата транзитних наносів, розподіл місцевих швидкостей на вертикалях, допустимі (нерозмивні) швидкості, стійкі радіуси кривизни, середній поперечний похил вільної поверхні потоку на звивинах та ін.

Додатковим елементами для обвалованих русел є ширина водопропускного коридору, питомі витрати води і наносів, крупність кам'яної відсипки, висота підпірних стінок, глибина ями місцевого розмиву ложа русла та ін.

5.1.4 Вибір русловиправної траси на ділянках регулювання річки виконується з дотриманням методичних положень, викладених в ВБН В.2.4.-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування”.

5.1.5 Необхідні вихідні дані для розрахунків отримують із матеріалів топографічних, гідрологічних, геологічних, гідроморфологічних, будівельно-виробничих вишукувань і досліджень.

## 5.2 РОЗРАХУНОК КРИВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПОТОКУ НА ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНКАХ РУСЛОВИПРАВНОЇ ТРАСИ

5.2.1 Для побудови кривої вільної поверхні потоку в призматичних руслах

рекомендується використати функціональну залежність Б.А.Бахметьєва

$$\frac{i_0 \ell_i}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_{\text{сеп}}) [\Phi_x(\eta_2) - \Phi_x(\eta_1)], \quad (5.2.1)$$

де  $i_0$  – середній поздовжній похил дна розрахункової ділянки річки;

$\ell$  - довжина ділянки річки, де між двома створами вираховується крива спаду чи підпору;

$h_0$  – нормальна глибина потоку, яка знаходиться шляхом підбору за формулою Шезі:

$$Q = B h_0 C \sqrt{R i_0}, \quad (5.2.2)$$

$\eta_2 = h_2 / h_0$ ,  $\eta_1 = h_1 / h_0$  – відносні глибини потоку відповідно в кінці і на початку ділянки річки;

$j_{\text{сеп}}$  – параметр, що характеризує кінетичність потоку при середній глибині між створами відповідно

$h_{\text{сеп}} = 0,5(h_1 + h_2)$  і  $j_{\text{сеп}} = \alpha C_{\text{сеп}}^2 i_0 B_{\text{сеп}} / g \chi_{\text{сеп}}$  ( $\alpha$  – коефіцієнт кінетичної енергії потоку, тобто коефіцієнт Коріоліса, значення якого для гірських річок рекомендується брати рівним 1,1;  $\chi$  – змочений периметр русла);

$\Phi_x(\eta_2)$  і  $\Phi_x(\eta_1)$  – функції Бахметьєва від величин  $\eta_2$  і  $\eta_1$ , при гідравлічному показникові русла  $x$  ( $x = 2 \frac{\ell g K_2 - \ell g K_1}{\ell g h_2 - \ell g h_1}$ , де  $K_i$  – витратна характеристика, яка відповідає глибині  $h_i - K_i = Q_i / \sqrt{i_0}$ ), який для широких прямокутних русел дорівнює  $x = 2y + 3$ ; для трикутних русел  $x = 2y + 5$  і для широких параболічних  $x = 2y + 4$  ( $y = z - 0.5$ , де  $z$  – показник степені, який використовується в формулах при визначенні оптимального профілю поперечного перерізу русла).

Значення  $z$  беруться із таблиці 5.2.1 в залежності від значень коефіцієнта шорсткості русла  $n$  і гідравлічного радіусу  $R$ .

Таблиця 5.2.1 Осереднені значення показника степені  $z$ .

Межі зміни	Осереднені значення $z$ при гідравлічному радіусі $R$ , м
------------	---

коефіцієнта шорсткості, $n$	0,1 – 0,5	0,51 – 1,0	1,01 – 2,0	2,01 – 3
0,011 – 0,016	0,65	0,65	0,65	0,65
0,0165 – 0,017	0,7	0,65	0,65	0,65
0,0175 – 0,018	0,7	0,7	0,65	0,65
0,019 – 0,020	0,7	0,7	0,7	0,65
0,021 – 0,0225	0,7	0,7	0,7	0,7
0,025 – 0,0275	0,75	0,75	0,7	0,7
0,03 – 0,04	0,8	0,8	0,75	0,75

Значення функції Бахметьєва  $\Phi_x(h)$ , тобто інтегралу  $\Phi_x(h) = \int \frac{d\eta}{1-\eta^2}$ , приведені в додатку Є.

5.2.2 Побудова кривих вільної поверхні потоку зводиться до визначення довжини  $l$  між двома поперечними перерізами з глибинами  $h_2$  і  $h_1$ . Необхідно мати на увазі, що другий поперечний переріз 2-2 з глибиною  $h_2$  слід розміщати нижче за течією після поперечного перерізу 1-1 з глибиною потоку і  $h_1$ .

### 5.2.3 Алгоритм розрахунку.

1. Визначається нормальна глибина потоку  $h_0$ , це виконується шляхом підбору із формули Шезі, оскільки при цьому змінюються значення коефіцієнта Шезі  $C$ , гідрологічного радіуса  $R$  і ширини русла на вільній поверхні потоку  $b$ .

2. Визначається середнє значення  $j_{сер}$  за уже відомими  $C_{сер}$  і  $B_{сер}$ .

3. Визначається показник русла  $x$ .

4. Із таблиці додатку Є шукається значення функції Бахметьєва  $\Phi_x(\eta_2)$  і  $\Phi_x(\eta_1)$ .

При цьому, якщо значення гідравлічного показника русла  $x$  знаходиться в інтервалі табличних значень  $a$  і  $b$  (наприклад,  $x=2,3$ ), то значення функції  $\Phi_x(h)$  визначаються за формулою

$$\Phi_x(\eta) = \Phi_a(\eta) + \frac{x-a}{b-a} [\Phi_b(\eta) - \Phi_a(\eta)] \quad (5.2.3)$$

5. За допомогою рівняння ( 5.2.1 ), шляхом підставки відповідних вирахованих значень вихідних і розрахункових характеристик, знаходиться довжина ділянки  $l$  між поперечними перерізами 1 і 2.

6. Крива поверхні водотоку окреслюється у відповідності до профілю кривої спаду чи кривої підпору.



У випадку, якщо одна із глибин  $h_2$  або  $h_1$  дорівнює нормальній глибині  $h_0$ , то при розрахунках приймається поправка  $\Delta h = 0.001 м$  ( $h = h_0 \pm \Delta h$  або  $h_1 = h_0 \pm \Delta h$ ).

5.2.4 При виконанні розрахунків рекомендується також використати інші методи, наприклад, метод В.І. Чарномського або М.М. Бернадського, а тим більше у випадках, коли є необхідне програмне забезпечення.

### 5.3 МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКИХ РУСЕЛ НА ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ РІЧКИ (ДЛЯ ПОБУТОВИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГДС<sub>П-Р</sub>)

5.3.1 Середньозважений діаметр руслових відкладів  $d_{відк.}$ , складений із частинок близьких до округлої форми, розраховується за формулою

$$d_{відк.} = k i_{сер.}^{0.9} \left( \frac{Q_{рф}}{\sqrt{g}} \right)^{0.4}, \quad (5.3.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує вплив витрати і неоднорідності зважених наносів;

$i_{сер.}$  – середній поздовжній похил дна русла на розрахунковій ділянці;

$Q_{рф}$  – руслоформуєча витрата води в розрахунковому створі, забезпеченість якої міняється в залежності від типу русла, яка визначається за формулою (4.2.1).

Значення коефіцієнта  $k$  беруться із таблиці 5.3.1

Таблиця 5.3.1 Значення коефіцієнта  $k$  в залежності від концентрації наносів в одиниці об'єму води  $\mu$ , г/л

$\mu$ , г/л	0	0-0,5	0,5-10	10-100	100-500	500-1000	>1000
$k$	2,5	2	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5

Слід зазначити, що формулу ( 4.2.1 ) можна також використовувати для визначення руслоформуєчих витрат у випадках, коли є достатньо достовірні дані про крупність руслових відкладів на розрахунковій ділянці річки в побутових умовах, тобто без відчутного впливу антропогенного фактору, та значення мутності потоку, необхідні для визначення коефіцієнта  $k$  (ця формула досить “чутлива” щодо вихідного значення коефіцієнта  $k$ ).

5.3.2 Ширина стійкого алювіального русла на урізі руслоформуєчого потоку  $B_{рф}$  вираховується за формулою

$$B_{p\phi} = k_1 \left( \frac{Q_{p\phi}}{\sqrt{g i_{сер}}} \right)^{0,4} \quad (5.3.2)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив зважених в потоці наносів на пропускну здатність русла;

$i_{сер}$  – середній поздовжній похил дна русла, який відповідає відміткам урізу наповнення русла при стійкій межені.

Значення коефіцієнта  $k_1$  приведені в таблиці 5.3.2.

Таблиця 5.3.2 Значення коефіцієнта  $k_1$  в залежності від концентрації наносів в одиниці об'єму води  $\mu$ , г/л

$\mu$ , г/л	0-0,5	0,5-10	10-100	100-500	500-1000	>1000
$K_1$	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4

5.3.3 При відомому значенні питомої руслоформуючої витрати води  $q_{p\phi}$  і середньозваженому діаметрі шару самовимощення ложа русла  $D_{сер.зв.}$  середня глибина потоку розраховується за формулою

$$h_{p\phi} = \left[ \frac{m+1}{m-1.5} \cdot \frac{0.5q_{p\phi}}{\sqrt{\frac{\rho_n - \rho}{\rho}} g D_{сер.зв.}^{\frac{m+2}{2m}}} \right]^{\frac{m}{m+1}}, \quad (5.3.3)$$

де  $m$  – знаменник показника степені у формулі степеневого (показникового) розподілу місцевих осереднених швидкостей на вертикалях потоку, який визначається за формулою

$$m = 2.24 \lg \frac{h}{D_{сер.зв.}} - 0.21 \left( \lg \frac{h}{D_{сер.зв.}} \right)^2 + 2.1. \quad (5.3.4)$$

5.3.4 Максимальна глибина потоку при проходженні руслоформуючого паводку визначається за формулою

$$h_{макс} = \frac{0.5}{i_{сер}^{0,03}} \left( \frac{Q_{p\phi}}{\sqrt{g}} \right)^{0,4}, \quad (5.3.5)$$

або

$$h_{макс} \approx 1.6 h_{p\phi}. \quad (5.3.6)$$

5.3.5 Середній поздовжній похил дна відносно стійкого алювіального русла

вираховується або уточнюється за формулою

$$i_{сер} = a \left( \frac{d_{відк}}{h_{рф}} \right)^x, \quad (5.3.7)$$

де  $a$  – коефіцієнт формули, який залежить від параметру  $(d_{відк}/h)$ ;

$x$  – показник степені формули, який залежить від параметру  $(d_{відк}/h)$ .

При  $\mu=0,5-5$  г/л

$$x = 1.45 \left( \frac{d_{відк}}{h} \right)^{0.14}, \quad (5.3.8)$$

$$a = 0.35 \left( \frac{d_{відк}}{h} \right)^{0.45}. \quad (5.3.9)$$

При  $\mu=0-0,5$  г/л

$$x=1,0; a=0,1.$$

Значення показника степені  $x$  і коефіцієнта  $a$  при  $\mu=0,5-5$  г/л при різних значеннях відносної шорсткості русла приведені в таблиці 5.3.3.

Таблиця 5.3.3 Значення  $x$  і  $a$  в залежності від  $(d_{відк}/h)$ .

$d_{відк}/h$	1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05	0,03	0,02	0,01
$x$	1,45	1,32	1,22	1,16	1,05	0,95	0,90	0,84	0,75
$a$	0,35	0,26	0,20	0,17	0,12	0,09	0,07	0,06	0,045

При рівномірній або квазірівномірній течії, що спостерігається при проходженні руслоформуєчого паводку (при наповненні русла в брівках) середній поздовжній похил дна гірської річки дорівнює середньому поздовжньому гідравлічному похилу -  $i_{сер} \approx I_{сер}$ .

5.3.6 Коефіцієнт шорсткості русла  $n$  рекомендується визначати за формулою:

$$n = \frac{0.135 D_{сер.ж}^{1/m}}{\sqrt{g} \cdot \ell g \left[ \frac{31 \frac{h}{D_{сер.ж}} + 2}{\frac{h}{D_{сер.ж}} + 2} \right]} \times \frac{m+1}{m-1.5}, \quad (5.3.10)$$

Значення коефіцієнта Шезі  $C$  визначається за формулами:

$$C = k_2 \sqrt{g} \left( \frac{h}{D_{\text{сер.зб}}} \right)^{1/m}, \quad (5.3.11)$$

$$\text{де } k_2 = 7.4 \frac{m-1.5}{m+1} \lg \left( \frac{31 \frac{h}{D_{\text{сер.зб}}} + 2}{\frac{h}{D_{\text{сер.зб}}} + 2} \right),$$

або

$$C = \frac{1}{n} h^{1/m}, \quad (5.3.12)$$

де  $n$  – коефіцієнт шорсткості, який визначається за формулою ( 5.3.10 ).

Значення  $m$  в формулі ( 5.3.12) рекомендується в середньому назначати рівним 6, або визначати за формулою ( 5.3.4).

#### 5.4 МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКИХ АЛЮВІАЛЬНИХ РУСЕЛ НА ЗАРЕГУЛЬОВАНИХ (СТИСНЕНИХ) ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ РІЧКИ.

5.4.1 Ширина зарегульованої ділянки русла  $B_z$  при довжині  $\ell_o < (2...3)B_{pf}$  визначається із співвідношення

$$B_z/B_{pf} = 0,9...1,0, \quad (5.4.1)$$

де  $B_{pf}$  – ширина потоку стійкого алювіального русла в побутових умовах при проходженні руслоформуючого паводку.

На ділянках русла  $\ell \geq (2...3)B_{pf}$  за співвідношенням

$$B_z/B_{pf} = 0,7...0,9. \quad (5.4.2)$$

На нестійких ділянках русла, які мають конуси виносів, селі, протоки, осередки, острови тощо, в зоні мостових переходів і ін. при довжині  $\ell_o < (2...3)B_{pf}$  за співвідношенням

$$B_z/B_{pf} = 1,1...1,4. \quad (5.4.3)$$

На ділянках річки в місцях конусів виносу схилових водотоків, в умовах змінного поздовжнього похилу, для збереження необхідної транспортуючої здатності потоку на розрахунковій довжині зарегульованої ділянки річки і далі за нею рекомендується використовувати формулу

$$B_z = B_{pf} (i_z / i_{\text{сер}})^{1,25}. \quad (5.4.4)$$

5.4.2 Середньозважений діаметр суміші руслових відкладів визначається за

формулою:

$$d_{\text{відк}} = \varepsilon k_3 k_n^{0,7} i_{\text{сер}}^{0,8} (q / \sqrt{g})^{2/3}, \quad (5.4.5)$$

де  $q$  – питома витрата водотоку;

$\varepsilon$  – коефіцієнт, який враховує ступінь стиснення руслового потоку;

$k_3$  – коефіцієнт, який враховує вплив концентрації наносів в одиниці об'єму води;

$k_n$  – коефіцієнт, який враховує вплив неоднорідності транспортувальної суміші наносів:

$$k_n = d_{5\%} / d_{\text{відк}} \approx 2,8.$$

Значення коефіцієнта  $\varepsilon$  визначається за даними таблиці 5.4.1.

Таблиця 5.4.1 Значення коефіцієнта  $\varepsilon$  в залежності від співвідношення  $B_3/B_{pf}$ .

$B_3/B_{pf}$	1	0,8	0,6	0,4	0,2
$\varepsilon$	1	0,8	0,7	0,5	0,4

Значення коефіцієнта  $k_3$  визначається за даними таблиці 5.4.2.

Таблиця 5.4.2 Значення коефіцієнта  $k_3$  в залежності від концентрації наносів в одиниці об'єму води  $\mu$ , г/л.

$\mu$ , г/л	0	0,5	1	3	5	10	30	50	100	500
$k_3$	5,0	4,5	4,0	3,5	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3

5.4.3 Середній поздовжній похил стійкого алювіального русла на зарегульованій ділянці річки визначається за формулою:

$$i_{\text{сер}} = \frac{\varepsilon_1 k_4}{k_n^{0,1}} d_{mp}^{1,2} (\sqrt{g} / q)^{0,8}, \quad (5.4.6)$$

де  $\varepsilon_1$  – коефіцієнт, який враховує ступінь стиснення руслового потоку;

$k_4$  – коефіцієнт, який враховує вплив концентрації наносів в одиниці об'єму води;

$d_{mp}$  – середньозважений діаметр суміші транспортувальних наносів, м.

Значення коефіцієнта  $\varepsilon_1$  визначається за даними таблиці 5.4.3.

Таблиця 5.4.3 Значення коефіцієнта  $\varepsilon_1$  в залежності від співвідношення  $B_3/B_{pf}$ .

$B_3/B_{pf}$	1	0,8	0,6	0,4	0,2
$\varepsilon_1$	1	1,1	1,3	1,6	2,0

Значення коефіцієнта  $k_4$  визначається за даними таблиці 5.4.3.

Таблиця 5.4.3. Значення коефіцієнта  $k_4$  в залежності від концентрації наносів в одиниці об'єму води  $\mu$ , г/л.

$\mu$ , г/л	0	0,5	1	3	5	10	30	50	100	500
$k_4$	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7

5.4.4 Середня глибина потоку у відносно стійкому алювіальному руслі на зарегульованій ділянці річки визначається за формулою:

$$h_3 = \frac{k_5}{d_{mp}^{0,2}} (q / \sqrt{g})^{0,8}, \quad (5.4.7)$$

де  $k_5$  – коефіцієнт, який враховує вплив концентрації наносів в одиниці об'єму води і неоднорідність транспортувальних наносів.

Значення коефіцієнта  $k_5$  визначається за даними таблиці 5.4.4.

Таблиця 5.4.4. Значення коефіцієнта  $k_5$  в залежності від концентрації наносів в одиниці об'єму води  $\mu$ , г/л.

$\mu$ , г/л	0-5	5-10	10-100	100-500	>1000
$k_5$	0,90	0,75	0,80	0,85	1,0

Максимальна глибина потоку  $H_{\max}$  при односторонньому обвалуванні русла розраховується за формулою:

$$H_{\max} = h_{p.\phi} + 0.2A \times C \left( \frac{B_{p\phi}}{d_{\text{відк}} h_{p\phi}} \right)^{0,125} \sqrt{Q_{p\phi}}, \quad (5.4.8)$$

де  $A$  – коефіцієнт, який враховує вплив залягання укусу;

$C$  – коефіцієнт, який враховує неоднорідність ґрунту в зоні перемінного силового поля напірного укусу дамби обвалування.

Значення коефіцієнта  $A$  визначаються за даними таблиці 5.4.5

Таблиця 5.4.5 Значення коефіцієнтів  $A$  і  $C$  в залежності від  $m$  ( $\theta$ ),  $D_{\text{сер.зб.}}/d_{95\%}$

$\frac{d_{\text{сер.зб.}}}{d_{95\%}}, A$	Значення $C$ при $m$ (або $\theta$ )						
	$m=0$ $\theta=90^\circ$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1,0	0,227	0,209	0,175	0,143	0,120	0,104	0,092
0,75	0,234	0,214	0,181	0,148	0,123	0,107	0,094

0,50	0,242	0,224	0,188	0,154	0,128	0,112	0,099
0,25	0,261	0,241	0,201	0,164	0,138	0,120	0,104
0,20	0,268	0,246	0,206	0,170	0,141	0,122	0,107
0,15	0,275	0,252	0,212	0,172	0,143	0,125	0,109
0,10	0,288	0,264	0,222	0,180	0,151	0,133	0,115
0,05	0,306	0,284	0,237	0,198	0,163	0,141	0,123
<i>A</i>	4,40	4,02	3,38	3,83	3,83	3,83	3,83

Всі інші гідравлічні характеристики зарегульованих русел ( $v_{дин}$  ,  $v_{дон.н}$  і ін.) визначаються за формулами даного документу, що приведені в попередніх розділах.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1964.- 222 с.
- 2 Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов.- Л.: Гидрометеиздат, 1988.- 127 с.
- 3 СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик.– М.:1985.
- 4 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, -1984.
- 5 Лютик П.М., Михальская Л.Д., Коваленко Л.Н. Расчеты паводочного стока на реках Украины и Молдавии.// Труды УкрНИИГМИ, 1986, вып. 217. М.: Гидрометеиздат,-с.52-91.
- 6 Фоменко Я.А. Расчеты максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Украины и Молдавии.// Труды УкрНИИГМИ, 1986, вып.217. М.: Гидрометеиздат,-с.20-52.
- 7 Клибышев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. -Л.: Гидрометеиздат,- 1970.
- 8 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. Л.: Гидрометеиздат, 1978, 490 с.
- 9 Фоменко Я.А. Методика расчета максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Украины и Молдавии.// Труды УкрНИИГМИ, 1987, вып.220. М.: Гидрометеиздат,- с.44-56.
- 10 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. Л.: Гидрометеиздат, 1969, 884 с.
- 11 Лютик П.М. Определение максимальных расходов дождевых паводков Карпат при отсутствии наблюдений.// Труды УкрНИИГМИ, 1973, вып. 127. М.: Гидрометеиздат,-с.89-100.
- 12 Чеботарев А.И., Серпик Б.И. О расчете параметров гидрологического режима.// Метеорология и гидрология.- № 1, 1973. М.: -ст. 55-67.
- 13 Лютик П.М. Максимальные расходы и слои паводочного стока рек Карпат ( по материалам гидрометрических наблюдений и экспедиционных исследований).// Труды УкрНИИГМИ, 1972, вып. 119. М.: Гидрометеиздат-с.26-33.
- 14 Материалы по расчетным характеристикам дождевых осадков.-Л.: Гидрометеиздат, 1969.
- 15 Огиевский А.В. Гидрология суши. – М.: Сельхозгиз, 1952.
- 16 Алексеев Г.А. Расчет максимальных расходов воды с помощью номограмм при отсутствии гидрометрических наблюдений.// Труды ГГИ, 1962, вып.99.
- 17 Інструкція по регулюванню та догляду за руслами річок Українських Карпат. ВНД 33-5.2-00-01. –К.: Держводгосп України, 2001.



- 18 Бухин М.Н., Онищук В.В. Определение неразмывающих скоростей для неоднородных несвязных грунтов.// В кн. Эрозионные и селевые процессы и борьба с ними.- М.: ВНИИГиМ, 1978.- Вып. 6.- с.19-26.
- 19 Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-Центр, 2003, - 324 с.
- 20 Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1983, - 423 с.
- 21 Разумихина К.В. Применение формулы транспортирующей способности потока для расчета годового стока взвешенных наносов. // Труды ГГИ, 1969, вып. 175. Л.: Гидрометеиздат, с. 137-154.
- 22 Указания по расчету стока наносов. ГУГМС СССР ВСН 01-73.-Л.: Гидрометеиздат, 1974, 26 с.
- 23 Талмаза В.Ф. Гидравлические сопротивления естественных русловых потоков.// Вопросы водного хозяйства, сер. Гидротехническое строительство, Фрунзе, изд. “Кыргызстан”, 1972, вып. 26, с.50-59.
- 24 Шамов Г.И. Речные наносы.- Л.: Гидрометеиздат, 1954, 346 с.
- 25 Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1954, 452 с.
- 26 Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфологические характеристики горных рек.- Фрунзе, изд. “Кыргызстан”, 1968, 203 с.
- 27 Einstein H.A. Formulas for the transportation of bed load. Transactions ASCE, vol 107, p. 561-577, 1942.
- 28 Базилевич В.А. Экспериментальные исследования расхода влекомых наносов.// Водные ресурсы, №1, 1984, с. 10-19.
- 29 Методические рекомендации по расчету деформаций русел и выбору защитно-регуляционных мероприятий на реках Украинских Карпат. Под ред. Коваленко П.И. Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, АН УССР, К.: 1989, 176 с.
- 30 Боровков В.С. Русловые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях. Л.: Гидрометеиздат, 1989, 286 с.
- 31 Русловой процесс. (под ред. Н.Е.Кондратьева), Л.:”Гидрометеиздат”, 1959, 371 с.
- 32 Магомедова А.В. Русловые процессы в руслах рек и каналов. М.: изд. Всес.политехн. инст., 1990, 204 с.
- 33 Иваненко Ю.Г. Обобщенное уравнение транспортирования потоком руслоформирующих наносов.// Гидротехника и мелиорация. - 1986. № 12, с. 22-23.
- 34 Романовский В.В. Исследования начальной скорости влечения частиц наносов.// Труды ГГИ, 1974, вып. 210, с. 130-150.

- 35 Горецкая З.А. Исследование условий формирования и разработки способов расчета характеристик твердого стока на малых и средних водосборах. Труды IV Всесоюзного гидрол. съезда, т. 10. Л.: Гидрометеиздат, 1976.- С. 195-200.
- 36 Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод.- М.: Стройиздат, 1981.- 224 с.
- 37 Розовский И.Л., Базиевич В.А., Гайдученко В.И., Бухин М.Н., Кафтан А.Н. Русловые процессы на предгорных участках рек.- Труды IV Всесоюзн. гидролог. съезда, 1976, т. 10, - с. 115-121.
- 38 Онищук В.В. Принцип дискретності і структурної організації матеріальної системи “потік – русло” і методологічна концепція управління водними потоками. /В кн. “Україна та глобальні процеси: географічний вимір”. Київ – Луцьк.: Волин. держ. ун-т імені Лесі Українки. 2000, т.2.- С. 290-294.
- 39 Щодро А.Е., Рублев И.И. Исследование кинематической структуры потока в воронках местного размыва у мостовых опор и оголовков поперечных руслорегулирующих сооружений // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике. Гидравлика гидротехнических сооружений. Сб. тр., 1993.- с. 158-162.
- 40 Херхуелидзе И.И. Вопросы гидрологии и гидравлики мостовых переходов. -Тбилиси, 1958, 92 с.
- 41 Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
- 42 Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов. – М.: Изд. лит. по строительству, 1969.
- 43 Онищук В.В. Методологічні аспекти дослідження гідродинамічної системи потік-русло.// В кн.: Техногенно-екологічна безпека регіонів як умова сталого розвитку України. Матеріали науково-практичної конференції, м. Яремче.-К.:Товариство “Знання”. 2000.- с.101-103.
- 44 Гришанин К.В. Устойчивость русел рек и каналов.- Л.: Гидрометеиздат. 1974.- 144 с.
- 45 Онищук В.В., Бильчук А.С., Козицкий О.Н. Физическое моделирование русловых процессов горных рек.// Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай, 1989.-вып.70, - с.60-65.
- 46 Онищук В.В., Ободовський О.Г. Методологічні аспекти раціонального регулювання русел гірських річок.// В кн. Екологічні та соціально-екологічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). Матеріали міжнародної науково- практичної конференції (Україна, Рахів, 21-24 вересня 1999р.). 1999- ВАТ “Патент”. Поличка Карпатського краю.- с. 261-265.
- 47 Ободовський О.Г., Гребень В.В., Онищук В.В., Козицький О.М. Паводок 1998 р. на Закарпатті: Рекомендації по відновленню гідроморфологічного стану.// Водне господарство України.- 1999, №3-4.-с. 12-15.
- 48 Ободовський О.Г. Оцінка стійкості русел і класифікація паводків на гірських річках //

Україна та глобальні процеси: географічний вибір. Матеріали V111 з'їзду  
Українського географічного товариства.- Т.2.- Луцьк. 2000.-с.205-209.

- 49 Ободовський О.Г., Онищук В.В., Коноваленко О.С. Руслоформуючі витрати та  
класифікація паводків на гірських річках // - К.: Вісник Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка, 2002, - с.42-47.
- 50 Базилевич В.А., Бухин М.Н., Назаров И.И. К прогнозу заилнения водохранилищ  
на реках Украинских Карпат // -М.: Водные ресурсы, № 3, 1988, с.83-94.

Інститут гідротехніки і меліорації УААН

ДОДАТКИ

до посібника *“Розрахунки руслових процесів”*

до ВБН В.2.4- 33-2.3 03 2000 “ Регулювання русел річок. Норми проектування”

Київ -2003

## ЗМІСТ

А	Гідрографічні характеристики річок Українських Карпат (довжиною більше 15 км.)	113
Б	Гідрографічні характеристики річок Українських Карпат у межах розрахункових створів	119
В	Характеристики водозборів річок Українських Карпат у межах розрахункових створів	122
Г	Характеристики максимального стоку весняної повені і змішаних весняних паводків та параметри формул визначення максимальних повеневих витрат	125
Г 1	Характеристики максимального стоку весняної повені і змішаних весняних паводків та параметри формули максимальних витрат води по СНиП 2.01.14-83	125
Г 2	Ординати кривих трьохпараметричного гама розподілу	131
Г 3	Параметри формули граничної інтенсивності В.І.Мокляка для визначення максимального стоку весняної повені і весняних паводків змішаного походження	135
Д	Характеристики максимального стоку дощових паводків та параметри формул для його визначення	140
Д 1	Характеристики максимального стоку дощових паводків та параметри формули СНиП 2.01.14-83	140
Д 2	Максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$ ( $q_{1\%}$ ), що виражений в долях від добутку $\varphi H'_{1\%}$ (до формули 2.3.5)	143
Д 3	Максимальний добовий шар опадів ( $H'_{1\%}$ ) за теплий період року на території Українських Карпат ( до формул 2.3.5 і 2.3.8 )	145
Д 4	Ординати кривих редукції найбільшої середньої інтенсивності опадів $\psi_p(\tau)$ (до формули 2.3.8)	147

Д 5	Коефіцієнт діючого шару стоку ( $\varphi$ ) ( до формули 2.3.15 )	149
Е	Основні руслові і гідравлічні характеристики річок Українських Карпат та характеристики стоку завислих наносів	150
Е 1	Основні руслові характеристики річок Українських Карпат	150
Е 2	Каламутність води та характеристики стоку завислих наносів	153
Є	Значення функції $\Phi_x(h)$ для русел з прямим похилом дна ( $i_0 > 0$ ) ( для розрахунку кривих вільної поверхні за методом Б.А.Бахметьєва )	154
Ж	Приклади розрахунку максимального талого і тало-дощового стоку за відсутності матеріалів спостережень	161
З	Приклади визначення максимальних витрат дощових паводків за відсутності матеріалів спостережень	164
І	Методичні рекомендації і приклад визначення гранулометричного складу наносів з допомогою фракціометра ГР-82	170
Ї	Приклади графічного вираження результатів гранулометричного аналізу руслових відкладів	174
К	Приклад розрахунку стоку наносів при руслоформуючій витраті водотоку	179
Л	Приклад розрахунку кривої вільної поверхні потоку на перехідних ділянках русла річки	183

**ДОДАТОК А**  
**ГІДРОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ**  
**(ДОВЖИНОЮ БІЛЬШЕ 15 КМ)**

№	Річка	Куди впадає	Відстань від гирла, км. з якого берега впадає	Довжина, км	Площа басейну, км <sup>2</sup>	Середній похил, ‰	Характеристика долини		Ширина заплави, м
							Ширина, км	Глибина, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Басейн р. Дунай									
1.	Тиса	Дунай	1218 лв	966/201	153000/11300	0.4			
2.	Чорна Тиса	Тиса	966 пр	49	567		3.3	600	75
3.	Лазівщина (Лазещина)	Чорна Тиса	27 лв	21	159		2.2	300	40
4.	Біла Тиса	Тиса	966 лв	26	489	10	3	450	70
5.	Стоговець	Біла тиса	19 лв	15	99.3	57	1.9	350	50
6.	Шаул (Сиявуль)	Біла Тиса	12 лв	17	63.3	55	2.4	450	30
7.	Богдан	Біла Тиса	11 пр	16	67.2	51	2.4	500	30
8.	Квасни	Біла Тиса	9.2 лв	15	72.8	62	3	650	30
9.	Косівська	Тиса	931 пр	41	157	28	2.5	400	50
10.	Шопурка	Тиса	927 пр	13	283	6.5	2.5	300	70
11.	Середня річка	Шопурка	13 лв	27	114	42	2.2	500	30
12.	Мала Шопурка	Шопурка	13 пр	28	121	39	2	600	40
13.	Апшиця	Тиса	902 пр	39	226	23	1.7	100	70
14.	Тушак	Апшиця	19 лв	17	41.5	46	2	300	30
15.	Глибокий потік (Басхеу)	Апшиця	5.1 пр	18	77.6	27	2.6	300	50
16.	Тересва	Тиса	893 пр	56	1220	6	3.5	600	700
17.	Мокрянка	Тересва	55 пр	32	231	19	2.7	550	200
18.	Янівцеь(Ялівець)	Мокрянка	4.6 лв	15	57.8	62	2.2	550	30
19.	Брустуранка	Тересва	55 лв	15	340	12	3	500	200
20.	Турбат	Брустуранка	15 лв	19	101	39	1.8	300	30
21.	Бертянка	Брустуранка	15 пр	15	102	43	2.3	500	200
22.	Красна	Тересва	39 пр	14	50.7	67	2.7	450	50
23.	Терешілка (Терешул)	Тересва	23 пр	28	110	30	2	350	300
24.	Лужанка	Тересва	19 пр	34	150	31	2.1	300	300
25.	Тячівський струмок	Тиса	888 пр	29	86.5	17	1.6	150	50
26.	Теребля	Тиса	876 пр	91	750	11	2.5	350	300
27.	Озерянка	Теребля	75 лв	18	113	31	1.6	250	30
28.	Велика Уголина	Теребля	18 лв	27	159	42	2.2	250	400
29.	Мала Уголина	Велика Уголина	3.2 пр	21	51.2	48	2	250	30
30.	Байлова	Тиса	859 пр	25	121	15	1.4	120	200
31.	Помийниця (Сокирниця)	Байлова	5 лв	27	121	6.9	2.2	120	200
32.	Ярок (Ракош)	Тиса	853 лв	24	95	21	3	20	1000
33.	Боронява	Тиса	852 пр	16	33.9	9.7	1.1	80	800
34.	Ріка	Тиса	850 пр	92	1240	5.3	2.2	500	200
35.	Голятинка	Ріка	72 пр	20	91	31	1.6	200	200
36.	Рипинка	Ріка	67 пр	29	222	35	2.7	200	50
37.	Чеховець	Ріка	18 пр	17	56.6	34	1.8	400	30
38.	Потік (Осава)	Ріка	13 пр	19	40	30	1.2	150	100
39.	Мала Осава	Ріка	7.3 пр	18	17.8	8.1	2.3	50	50
40.	Хустець	Ріка	0.5 пр	35	108	8.9	1.7	150	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41.	Гаспарка	Тиса	838 пр	16	42.4	29	2	150	80
42.	Батар	Тиса	807 пр	53	393	-	-	-	-
43.	Боржава	Тиса	790 пр	106	1360	12	3	150	100
44.	Кушниця	Боржава	80 лв	18	106	51	1.7	200	30
45.	Бронька	Боржава	76 лв	20	96.1	53	1.2	300	100
46.	Бистра	Боржава	47 лв	18	102	29	1.2	100	100
47.	Іршава	Боржава	31 пр	48	346	17	1.8	100	50
48.	Кривуля	Іршава	23 пр	17	30.1	38	1.6	80	30
49.	Ільничка	Іршава	16 лв	15	39.5	52	1.4	200	30
50.	Синявка	Іршава	13 лв	20	41.4	35	1.5	80	50
51.	Салва (Глибокі)	Боржава	13 лв	28	149	3.1	1.7	40	100
52.	Латориця	Бодрог-Тиса	90 лв	191/144	7680/2900	-	-	-	-
53.	Жденявка	Латориця	168 пр	25	150	25	4	500	30
54.	Віча	Латориця	142 лв	39	352	20	1.5	400	40
55.	Свалявка	Латориця	137 лв	20	137	30	1.4	250	30
56.	Дусина	Свалявка	6.4 лв	15	79.5	15	2.5	150	20
57.	Пінія	Латориця	136 пр	9.4	209	13	2	150	30
58.	Велика Пінія	Пінія	9.4 пр	20	113	49	1.8	250	30
59.	Мала Пінія	Пінія	9.4 лв	13	49.7	39	1.7	200	30
60.	Матекова	Латориця	122 пр	15	45.1	34	1.6	300	30
61.	Візнице	Латориця	110 пр	30	160	12	2	250	30
62.	Обава	Візнице	2.2 лв	16	28.5	46	1.2	200	30
63.	Стара	Латориця	73.5	40	461	20	2.5	80	80
64.	Полуй (Дрик)	Стара	17.4 лв	24	79	19	1.5	150	50
65.	Веля	Стара	9 пр	27	95.5	23	1.3	80	50
66.	Цигани	Стара	2.5 пр	24	115	25	2.7	100	300
67.	Солотвинські	Цигани	0.8 лв	21	55.1	22	1.2	80	500
68.	Чаронда (Чорна вода)	Латориця	64 пр	48	742	0.87	4	20	200
69.	Сипа (Сипачка)	Чаронда	45 лв	32/12	-				
70.	Канал Дедай	Чаронда	35пр	22/8	-				
71.	Міц	Чаронда	26 пр	43/23	-				
72.	Серне	Чаронда	10 пр	44	-				
73.	Верке?	Серне	41 лв	33	-				
74.	Коропець	Чаронда	2.9 пр	68	673	1.3	4	20	200
75.	Чорна Вода (Річка)	Коропець	43 лв	28	381	0.47	7	15	3000
76.	Бабичка	Чорна Вода	15 лв	15	61.5	9.7	2	50	50
77.	Перекоп (Слопи)	Бабичка	6 лв	15	37.5	18	2	50	200
78.	Роман (канал Мерце)	Чорна Вода	6.7 лв	26	219	3.2	2	10	3000
79.	Уж	Лаборець- Латориця		133/107	2750/2010	-	-	-	-
80.	Уличка	Уж	81 пр	27/4	211/8.62	-	-	-	-
81.	Убля (Ровин)	Уж	72 пр	25/6	211/26.1	-	-	-	-
82.	Люта	Уж	65 лв	47	210	21	250	30	210
83.	Турія (Бистра)	Уж	55 лв	46	467	20	4.5	180	50
84.	Сипот	Тур'я	26 пр	20	127	45	1.2	200	30
85.	Туриця	Тур'я	8.5 пр	22	101	47	2	380	40
86.	Серет	Дунай	187 лв	513	47600	1.5	-	-	-
87.	Мігова	Серет	481 пр	19	61	14	1.5	100	200
88.	Міхідра	Серет	468 лв	33	168	3	3	40	2000
89.	Міходерка	Міхідра	14 лв	15	36.4	3.9	1	60	200
90.	Глибичок	Серет	440 лв	17	49.1	4.8	1.3	60	200
91.	Малий Серет	Серет	427 пр	61	567	9.1	3.5	80	1500
92.	Серетель	Малий Серет	21 пр	28	168	20	3	80	300
93.	Котовець	Серет	413 лв	18	71	2.3	1.6	60	300
94.	Мольниця	Серет	379 лв	31/17	147/100		-	-	-
95.	Сучава	Серет	пр	140/48	2400/351		-	-	-
96.	Білка-Міке	Сучава	лв	21/12	94.6/68.1		-	-	-



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
97.	Білка-Маре	Білка-Міке	5.5 пр	17/16.5	39.4/39.3		-	-	-
98.	Прут	Дунай	174 лв	967/272	2750	1.9	-	-	-
99.	Прутець Яблоницький	Прут	936 лв	22	114	20	2	250	100
100.	Прутець Чемиговський	Прут	923 пр	21	120	35	2.5	350	100
101.	Пшемиська	Прут	905 лв	15	43.4	44	2	300	100
102.	Любижня	Прут	901 лв	16	55.7	40	2	250	100
103.	Ослава	Прут	897 пр	15	82.9	40	3	250	200
104.	Товмачик (Глумачик)	Прут	875 лв	33	115	6.3	1.5	60	300
105.	Коломийка	Прут	867 лв	21	25.2	5	1	40	200
106.	Людча	Пістинька	0.1 лв	42	397	18	2.5	120	200
107.	Сопівка	Людча	3 лв	25	140	13	2	80	300
108.	Пістинька	Прут	863.9	56	661	18	3	120	500
109.	Брустурка	Пістинька	40 пр	15	50.1	51	2	300	50
110.	Без назви	Прут	857 пр	24	36.1	5.6	1	20	500
111.	Добриводка	Прут	851	29	86.9	5.1	1.2	20	500
112.	Дубовець (Тростянець)	Прут	836 пр	15	34.5	8.8	1.5	60	100
113.	Березувка	Прут	848 пр	15	31.4	6.7	1	60	50
114.	Турка	Прут	835 лв	41	110	3.8	2	60	200
115.	Рудка	Турка	8 пр	19	30.5	4.9	1	30	300
116.	Рибниця	Прут	833 пр	54	276	11	2	60	500
117.	Річка	Рибниця	43 лв	18	41.1	27	1.3	200	30
118.	Без назви	Рибниця	16 лв	15	38.2	11	1.5	40	200
119.	Чорнява	Прут	830 лв	63	351	1.5	2.5	50	300
120.	Белелуя	Прут	821 лв	30	253	1.8	2	60	200
121.	Черемош	Прут	801 пр	80	2650	3.3	3	500	300
122.	Білий Черемош	Черемош	80 пр	51	632	9.7	2.5	400	100
123.	Перкалаб	Б. Черемош	51 лв	15/10	63.2/53.5	49	2	300	50
124.	Сарата	Б. Черемош	51 пр	15/13	72.4/54.4	25	2	300	30
125.	Яловичора	Б. Черемош	44 пр	18	67.1	18	2.5	400	50
126.	Пробийна ?	Б. Черемош	18 лв	19	139	41	2	400	50
127.	Чорний Черемош	Черемош	80 лв	87	856	14	2	300	100
128.	Ільця	Ч. Черемош	26 лв	17	106	34	2	300	50
129.	Путила	Черемош	76 пр	42	391	18	3	350	200
130.	Бісків	Путила	2.1 пр	15	66.3	49	2	300	50
131.	Виженка	Черемош	47 пр	16	51.6	23	2.5	300	100
132.	Волиця	Черемош	27 лв	27	62.1	15	2	60	1000
133.	Малинський Потік	Черемош	24 пр	16	55.4	6.5	1	30	500
134.	Без назви	Малинський Потік	1.3 пр	16	30	8.1	2	60	500
135.	Бережниця	Черемош	14 пр	21	76.9	5.7	2	60	100
136.	Псарева	Черемош	7.1 пр	14	81.2	5.8	1.5	40	500
137.	Глибочик	Псарева	5.9 пр	15	57.1	4.2	2.5	60	200
138.	Брусниця	Прут	796 пр	23	110	7.8	2.2	60	100
139.	Без назви	Прут	793 лв	15	31.8	4.1	1	40	50
140.	Гнилиця	Прут	792 пр	24	141	6.8	1.6	100	30
141.	Совиця (Тополина Долина)	Прут	781 лв	39	230	3	3	100	200
142.	Совиця (2)	Прут	777 лв	37	266	3.8	2.2	60	200
143.	Совиця (3)	Совиця (2)	19 лв	16	102	2.5	2	60	200
144.	Шубранець	Прут	768 лв	25	205	3.4	1.7	60	30
145.	Задубрівка (Кучур)	Шубранець	1 лв	20	50.7	7.5	1.5	60	50
146.	Мошків	Шубранець	0.4 лв	22	95.9	12	2	100	200
147.	Дереглуй (Дерелуй)	Прут	757 пр	34	313	4.9	2	100	50
148.	Коровія	Деоєглуй	10 лв	24	115	8.5	1.5	60	50
149.	Гуків	Прут	749 лв	29	112	8.1	2	80	50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150.	Молниця	Прут	736 пр	23	117	7.4	1.5	80	200
151.	Рокитна	Прут	732 лв	33	136	6.8	2	80	200
152.	Герца	Прут	727 пр	16	132/92.8	-	-	-	-
153.	Ринга (Рингач)	Прут	720 лв	42	197	2.8	2.2	80	100
154.	Динауци (Баджі Ілуй)	Прут	713 лв	24	61.8	3.7	1.5	65	100
155.	Черлена	Прут	697 лв	36	366	2.9	2.5	80	200
Басейн р. Дністер									
156.	Дністер	Чорне море		1362	72100	0.56	2	120	500
157.	Мшанець	Дністер	1330 лв	21/13	107/38.3	-	-	-	-
158.	Ясениця	Стрвяж	29 пр	15	47.5	17	2	140	100
159.	Топольниця	Дністер	1315 пр	19	108	17	2.5	200	100
160.	Ленина	Дністер	1301 лв	20	81.2	18	2.5	200	100
161.	Яблонка	Дністер	1296 лв	21	84.7	15	3	200	100
162.	Ореб	Дністер	1276 пр	24	34.5	4	1	40	100
163.	Стрвяж (Стривігор)	Дністер	1252 лв	94/77	926	-	-	-	-
164.	Яруга (Ясениця)	Стрвяж	30 лв	15	47.5	2.7	2	60	200
165.	Без назви (с. Бабіне)	Стрвяж	19 лв	17	39.6	-	-	-	-
166.	Болозувка (Блажевка)	Стрвяж	7.7 лв	44	271	1.6	3	50	1000
167.	Канал	Дністер с. Мости	1236 пр	15	46.9	0.13	2	5	300
168.	Верещиця	Дністер	1226 лв	91	955	0.95	6	30	1500
169.	Стара	Верещиця	52 лв	24	224	1.1	1.8	20	500
170.	Водяне (Зимна вода)	Стара	12 лв	16	107	1.7	2.5	30	300
171.	Берестіна	Верещиця	18 пр	16	37.2	2.4	2	20	400
172.	Без назви	Дністер (с. Тершаків)	1225 пр	30	98.5	1.3	1	10	1000
173.	Бистриця Тисьменська	Дністер	1224 пр	73	1160	5.3	2.5	30	200
174.	Черхава	Бистриця	34 лв	26	163	7.9	2.5	50	100
175.	Ростока	Бистриця	21 лв	15	43.6	3.3	2	30	1000
176.	Тисьмениця	Бистриця	2 пр	49	650	9	2.5	30	100
177.	Слониця (Воротище)	Тисьмениця	25 пр	20	98	12	1.5	30	300
178.	Бар	Тисьмениця	19 лв	26	114	8.8	2.5	40	500
179.	Трудниця	Тисьмениця	5.5 лв	29	135	1.9	2	30	50
180.	Лютичина	Тисьмениця	3.5 пр	23	56.3	2.5	1.5	30	50
181.	Бронці	Трудниця	11 пр	21	46.4	4	1.5	30	300
182.	Летнянка	Дністер	1218 пр	34	122	1.8	1.3	30	30
183.	Клодниця	Дністер	1211 пр	69	323	1.8	2.5	15	1000
184.	Щерець	Дністер	1210 лв	46	434	1.5	2	30	500
185.	Ставчанка	Щерець	26 пр	24	140	1	2	25	500
186.	Зубра	Дністер	1209 лв	40	242	1.9	2	60	200
187.	Черниця	Дністер	1198 пр	23	55.8	1.7	0.9	5	100
188.	Вовня	Дністер	1192 пр	33	80	1.7	1.8	10	500
189.	Барвінка (Гловець)	Дністер	1184 лв	16	59.4	5.4	2	60	50
190.	Стрий	Дністер	1177 пр	232	3060	3.2	2	200	200
191.	Лібіхора	Стрий	196 лв	15	65.8	17	1.5	150	30
192.	Гнила	Стрий	179 лв	19	132	15	1.3	150	50
193.	Завадка	Стрий	163 пр	28	164	20	1.2	150	40
194.	Яблонька	Стрий	155 лв	23	141	10	2.3	100	50
195.	Рибник	Стрий	108 пр	3.6	159	21	1.8	200	50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
196.	Рибник (Зубриця)	Рибник	3.6 лв	15	66.7	31	1	150	30
197.	Рибник Майданський	Рибник	3.6 пр	19	82.8	19	1.7	200	50
198.	Опір	Стрий	79 пр	58	843	10	1.5	150	50
199.	Славська (Волосянка)	Опір	40 пр	15	79	22	1.2	250	30
200.	Рожанка (Ружанка)	Опір	37 пр	22	89.2	24	1	150	50
201.	Головчанка	Опір	32 лв	10	133	30	1.2	250	50
202.	Орава	Опір	18 лв	26	205	15	1.2	250	50
203.	Бутівля	Орава	3.8 лв	16	80	28	1.3	250	50
204.	Стинавка	Стрий	70 лв	27	79.1	19	1.5	150	30
205.	Жижава	Стрий	44 пр	26	68.6	7.8	2	80	400
206.	Зизава	Стрий	27 пр	20	40.9				
207.	Тейсарівка	Стрий	15 лв	25	55.8	1.5	2.5	20	300
208.	Бережниця	Дністер	1166 пр	59	169	4.4	2	60	50
209.	Любешка	Дністер	1164 пр	22	52	3.9	1.4	5	200
210.	Крехівка	Дністер	1160 пр	29	81	3	1.4	10	100
211.	Свіча	Дністер	1156 пр	106	1490	8.3	2.6	250	500
212.	Мізинка	Свіча	64 лв	51	344	12	1.2	250	50
213.	Лужанка (Витвиця)	Свіча	50 лв	29	149	25	1.6	150	50
214.	Саджева	Свіча	46 пр	19	32.8	9.4	1.8	40	75
215.	Луцава	Свіча	41 пр	15	32.5	15	1	20	100
216.	Сукель	Свіча	30 лв	67	279	29	1.5	300	30
217.	Гориня	Сукель	9.6 пр	20	40.7	10	2.5	20	150
218.	Турянка	Свіча	23 пр	38	105	6.3	2.7	60	50
219.	Нічел	Свіча	16 лв	19	28.7	2.9	2	10	50
220.	Лютинка	Дністер	1154 пр	21	64.6	7.2	1.2	60	50
221.	Любешки	Свіж	41 пр	20	48.7	5	1.3	80	50
222.	Сівка	Дністер	1135 пр	79	595	32.8	2.1	60	75
223.	Кропивник	Сівка	20 лв	26	72.1	4.1	4	20	100
224.	Болохівка	Сівка	11 лв	56	299	3.3	1.8	30	100
225.	Лімниця	Дністер	1120 пр	122	1530	9.5	3.2	20	2000
226.	Молода	Лімниця	95 лв	24	184	26	0.8	250	30
227.	Турава	Лімниця	63 пр	18	32	16	2.2	40	50
228.	Черлен	Лімниця	57 пр	18	40.6	14	1.5	40	50
229.	Чечва	Лімниця	39 лв	52	548	16	1.6	200	200
230.	Ілемка	Чечва	34 лв	21	90.5	38	1.3	250	50
231.	Дуба	Чечва	14 пр	24	120	17	1.1	100	75
232.	Млинувка	Дуба	11 пр	17	39	20	1.2	150	50
233.	Млинівка (Урив)	Лімниця	30 пр	15	101	2.2	2.7	30	100
234.	Бережниця	Млинівка	0.4 пр	23	76.8	9.2	1	80	50
235.	Молинувка	Лімниця	25 пр	18	28.2				
236.	Луква	Дністер	1118 пр	72	368	5.6	2.2	80	100
237.	Луквиця	Луква	8 пр	40	121	5.9	1.5	80	50
238.	Чорний	Луквиця	22 пр	15	27.8	7.8	2.1	80	50
239.	Бистриця	Дністер	1104 пр	17	2520	1.6	3	60	2000
240.	Бистриця Надвірнянська	Бистриця	17 пр	94	1580	11	2.5	200	200
241.	Зелениця	Бистриця На- двірнянська	67 пр	26	138	30	1	200	200
242.	Млинівка	Бистриця На- двірнянська	25 пр	18	20.8	4.4	1	20	300
243.	Лукавець	Бистриця На- двірнянська	23 лв	16	25.8	4.5	1	20	300
244.	Горохолина	Бистриця На- двірнянська	14 лв	28	71.1	4.1	1	10	400
245.	Похувка	Горохолина	3.6 лв	16	28.6	4.5	1.5	10	300
246.	Ворона	Бистриця Надвір- нянська	2.1 пр	81	699	2.6	2.2	60	300

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
247.	Без назви	Ворона с.Виноград	48 пр	24	51.5	8.4	2.2	40	50
248.	Полімеки	Ворона	40 лв	23	24.8	5.4	1.7	20	50
249.	Обрашина	Ворона	36 пр	26	235	5.9	1.4	40	100
250.	Без назви	Обрашина сmt Отинія	6 пр	15	101	-	-	-	-
251.	Торгова	Обрашина сmt Отинія	3.9 лв	16	58.3	5.2	1.2	20	200
252.	Рокитна	Ворона	26 лв	31	45.8	3.8	1.5	5	250
253.	Стримба	Ворона	23 лв	45	130	4.0	1.7	5	100
254.	Унява	Ворона	15 лв	25	34.1	3.8	1.0	5	100
255.	Бистриця Солотвинська	Бистриця	17 лв	82	795	12	2	60	400
256.	Манявка	Бистриця Солотвинська	40 пр	22	64.8	32	1.4	150	35
257.	Великий Луківець	Бистриця Солотвинська	37 пр	17	50	11	2.0	120	30
258.	Саджавка	Бистриця	16 лв	28	161	11	2.7	60	50
259.	Радча	Бистриця Солотвинська	4.2 пр	21	41.7	4	1	10	200
260.	Павлівка	Бистриця	11 лв	18	63.6	8.9	0.9	60	100
261.	Тлумачек	Дністер	1071 пр	35	254	5.7	1.5	30	100
262.	Будзин (Суходол)	Дністер	1052 пр	15	53.1	9.5	0.9	20	50
263.	Хотимірка	Дністер	1011 пр	17	187	5.5	1.2	80	200
264.	Радка	Хотимірка	3.1 пр	22	97	4.3	1.7	40	200
265.	Берестки	Дністер	1002 пр	16	73.5	9.5	1.5	50	100
266.	Ловиць	Дністер	948 пр	12	168	11	2.5	80	100
267.	Гниляк (Чернова)	Ловиць	6.4 пр	19	119	6	2	50	150
269	Онут	Дністер	887 пр	16	171	7.7	1.0	50	50
270	Роменці	Онут	7 лв	16	62.7	7.6	1.3	50	50
271	Сурша (Суржа)	Дністер	760 пр	19	103	7.7	1	80	30
272	Тернава	Дністер	751 пр	62	381	3.6	3.0	130	70
273	Гниловодка	Тернава	15 пр	18	69.2	8.2	1.5	100	50
274	Джуркова (Кобольченська)	Дністер	665 пр	19	66.4	11	2.5	160	30
275	Сокирянка	Дністер	664 пр	15	66	10	2.5	140	50
Басейн р. Вісла									
276	Сан	Вісла	665 пр	447/56	1680/2500	-	--	-	-
277	Рика	Сан	398 пр	19	38.2	11	2	120	50
278	Вяр	Сан	165 пр	68/12	803/400	4.9	-	-	-
279	Вирва	Вяр	17 пр	32/27	188/145	-	-	-	-
280	Бухта	Вяр	12 пр	26	151	4.6	2.5	60	200
281	Вишня	Сан	137 пр	79/65	1200/995	-	-	-	-
282	Вишенька	Вишня	74 лв	20	68.3	2.5	2	30	300
283	Млинівка	Вишня	38 лв	15	47.4	4.3	2.5	60	300
284	Сечня	Вишня	27 лв	26	247	3.4	2.5	50	400
285	Секониця	Сечня	8.4 пр	16	49.8	4.7	2	30	300
286	Зелений (Тршанка)	Сечня	0.9 лв	16	75.1	3.4	3	50	400
287	Без назви	Вишня біля с. Воля Гнійницька	8 пр	17/6	34.8/8.19				

Примітки: У чисельнику загальна площа і довжина річок, у знаменнику – в межах України

ДОДАТОК Б

ГІДРОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ  
У МЕЖАХ РОЗРАХУНКОВИХ СТВОРІВ

№	Ріка	Пункт	Площа водозбору км <sup>2</sup>	Відстань, км		Похил, %		Меженні відмітки розрахункового створу, м БС
				від гирла	від витоку	середній	середньо-зважений	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Басейн р. Дунай								
1	Тиса	м. Рахів	1070	962	4,0	15.3	9,1	432
2	Тиса	с. Ділове	1190	945	21	12.7	8,2	346
3	Тиса	м. Хуст	7690	854	112	6.6	3,7	163
4	Тиса	смт Вилок	9140	808	158	5.4	2,9	113
5	Тиса	нижче впадіння р. Боржави	10600	695	176		2,6	
6	Чорна Тиса	смт Ясіня	194	27	22	27.1	15,7	648
7	Чорна Тиса	с.Білин	540	5.6	43	17.2	9,4	492
8	Лазівщина (Лазещина)	гирло	159	0	21		32,0	
9	Біла Тиса	с. Луги	189	15	11	42.7	26,3	602
10	Біла Тиса	с. Ростокі	473	3.5	22	30.3	17,1	483
11	Стоговець	гирло	30,6	0	8,2		61,0	
12	Бальзатул	гирло	36,6	0	8,4		78,0	
13	Косівська	с. Косівська Поляна	122	8.0	33	34.8	26,0	407
14	Шопурка	с. Кобилецька Поляна	240	11	2	33.0	19.9	389
15	Тересва	смт Усть-Чорна	572	54	2,0	20.0	17,2	524
16	Тересва	смт Дубове	757	33	23	14.9	10,5	382
17	Тересва	с.Нересниця	1100	18	38	12.9	8,6	298
18	Мокрянка	с.Руська Мокра	214	2.4	30	20.3	16,6	550
19	Брустуранка	с. Лопухів	257	5.9	9.1	28.4	19.8	589
20	Красна	с.Красне	50.7	0.3	14	70.7	35.5	418
21	Лужанка	с.Нересниця	149	2.0	33	31.2	11.4	308
22	Теребля	місц. Острика (100 м нижче гирла р.Озеранки)	208	75	16	24.7	15,0	683
23	Теребля	с. Колочава	369	58	33	16.5	10,4	532
24	Ріка	с.Верхній Бистрий	165	77	15	40	31,0	525
25	Ріка	смт Міжгір'я	550	64	28	24.3	12,5	436
26	Ріка	с. Нижній Бистрий	781	33	59	14.0	7,3	283
27	Ріка	м. Хуст	1130	1.0	91	10.5	6,6	159
28	Голятинка	с. Майдан	86	2.5	18	23.4	23,0	498
29	Репінка	с. Репіно	203	3.9	16	14.6	7,6	471
30	Пилипець	с. Пилипець	44,2	1.0	6,2	41.1	30,0	570
31	Студений	с. Нижній Студений	25,4	4.5	7,5	31.6	22,7	607
32	Батар	гирло	393	0	53		5,0	
33	Боржава	смт Довге	408	69	37	35.9	12,6	170
34	Боржава	с. Шаланки	1100	32	74	19.0	7,0	114
35	Боржава	с. Добросілля...	1350		96		4,0	
36	Іршава	вище притоки без назви, що впадає біля с. Колодне	92		23		27,0	
37	Іршава	смт Іршава	230	14	34	24.7	15,6	135
38	Латориця	с. Підполоззя	324	167	24	17.7	12,3	357
39	Латориця	м. Свалява	680	138	53	11.4	7,4	191
40	Латориця	м. Мукачеве	1360	106	85	8.1	4,5	117
41	Латориця	нижче впадання р.Стара	2040		118		3,4	
42	Латориця	Чоп	2870	56	135	5.2	1,9	97
43	Жденявка	с. Верхня Грабовниця	150	0.80	24	20.8	13,0	373
44	Віча	с. Нелепине	241	3	36	20.0	14.5	226
45	Пінія	с. Поляна	166	8.3	1.1	34.5	18	241

1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	Стара	с. Зняцеве	224	12	28	19.6	6,0	106
47	Стара	гирло	464	0	40		5,6	
48	Полуй	гирло	79	0	24		10,4	
49	Коропець	гирло	673	0	68		0,8	
50	Уж	с. Жорнава	286	100	28	19.6	12,3	329
51	Уж	сmt. Великий Березний	653	78	50	13.6	8,2	198
52	Уж	с. Зарічеве	1280	60	68	10.6	6,3	156
53	Уж	нижче впадання р. Турії	1773		73		5,5	
54	Уж	м. Ужгород	1970	33	95	8.1	4,1	111
55	Люта	с. Чорноголова	169	14	33	21.9	15,6	255
56	Люта	гирло	270	0	47		13,0	
57	Турія	с. Турія Поляна	98,6	28	18	50.0	45,1	280
58	Турія	с. Симер	464	1.4	45	23.1	15,6	151
59	Сірет	с. Лопушна	152	502	11	26.0	22,1	550
60	Сірет	м. Сторожинець	672	448	65	9.3	4,7	349
61	Сірет	нижче впадання р. Малого Сірета	1419		86		4,6	
62	Міхідра	с. Липовани	144	9.8	23	3.7	3,1	
63	Малий Сірет	с. Верхні Петрівці	488	17	44	13.9	7,7	
64	Прут	с. Кремінці	366	932	36	27.5	11,9	638
65	Прут	м. Яремча	597	914	54	21.8	9,6	501
66	Прут	м. Снятин	3240		153		4,8	
67	Прут	нижче впадання р. Черемош	5898		167		4,5	
68	Прут	м. Чернівці	6890	772	196	7.8	3,6	158
69	Кам'янка	с. Дора	18.1	0.8	6.2	111	66.4	483
70	Лючка	Нижче впадання р.Сухи	86		14		25,0	
71	Лючка	гирло	397	0	42		8,7	
72	Сопівка	гирло	140	0	25		11,1	
73	Пистинка	нижче впадання р. Бростурки	126		17		32,8	
74	Пистинка	гирло	265	0	57		11,4	
75	Турка	гирло	140	0	41		4,0	
76	Рибниця	м. Косів	141	33	23	20.6	18,0	
77	Рибниця	гирло	291	0	56		8,6	
78	Чернява	гирло	351	0	63		1,7	
79	Черемош	с. Устерики	1500	79	1,0	9.8	9,0	474
80	Черемош	сmt Кути	2150	47				329
81	Черемош	нижче впадання р. Путили	1900		4,0		8,8	
82	Черемош	гирло	2560	0	80		6,8	
83	Білий Черемош	с. Яблуниця	552	14	37	19.0	10,2	593
84	Перкалаб	гирло	63,2	0	15		44,6	
85	Сарата	гирло	72,4	0	15		26,7	
86	Чорний Черемош	нижче впадання р. Льця	629		61		13,7	
87	Чорний Черемош	сmt Верховина	657	20	67	16.7	11,4	593
88	Чорний Черемош	с. Верхній Ясенів	748	7	80	14.6	12,0	
89	Чорний Черемош	гирло	856	0	87		11,6	
90	Путила	сmt. Путила (нижче впадання р.Сторонець)	181	19	23	24.2	15,8	661
91	Путила	гирло	391	0	42		14,9	
92	Лопатинка	гирло	265	0	57		2,8	
Басейн р. Дністер								
93	Дністер	с. Стрілки	384	1317	35	10.1	5.9	406
94	Дністер	м. Самбір	850	1278	74	6.5	3.9	286
95	Дністер	сmt Роздол	5700	1191	161	3.2	1.7	244
96	Стрв'яз (Стривігор)	м. Хирів	355	61	31	9.1	7.3	339
97	Стрв'яз	с. Луки	910	6.4	88	4.0	1.7	265
98	Верещиця	м. Комарне	812	16	75	1.1	0.8	258

1	2	3	4	5	6	7	8	9
99	Бистриця Тисьменська	с. Озими́на	206	35	38	9.1	6.4	276
100	Тисьмениця	м. Дрогобич	250	24	24	20.9	9.1	269
101	Щерець	смт Щирець	307	19	27	2.2	1.7	259
102	Зубра	с. Димівка	212	8.1	32	2.1	1.7	
103	Стрий	с. Матків	106	203	29	15.3	7.2	558
104	Стрий	с. Заваді́вка	740	159	73	6.0	3.3	551
105	Стрий	с. Новий Кропивник	1140	112	120	5.3	2.4	474
106	Стрий	смт Верхнє Синевидне	2400	78	154	4.7	2.4	371
107	Яблунька	м. Турка	136	1.0	22	13.2	5.7	550
108	Рибник	с. Рибник	159	0.7	2.9	27.7	16.9	465
109	Опір	м. Сколе	733	14	44	12.8	6.3	444
110	Славська	смт Славське	76.3	1.7	13	38.1	15.9	594
111	Рожанка	с. Ружанка	88.6	0.3	22	29.8	18.7	566
112	Головчанка	с. Тухля	130	0.4	9.6	21.1	8.9	539
113	Орава	х. Святослав	204	1.2	25	15.2	11.1	477
114	Бережниця	с. Олексичі	102	28	31	7.7	5.9	
115	Свіча	х. Мислівка	201	86	20	23.9	14.5	644
116	Свіча	с. Зарічне	1280	25	81	10.2	7.8	280
117	Лужанка (Витвиця)	с. Гошів	146	2.7	26	26.7	14	376
118	Сукель	с. Тисів	138	37	30	26.0	16.8	422
119	Свіж	смт Букачівці	465	4.2	66	1.7	1.5	226
120	Болохівка	с. Томашівці	268	9.9	46	3.3	2.8	255
121	Лімниця	с. Осмолода	203	95	27	23.7	15.5	713
122	Лімниця	с. Перевозець	1490	16	106	10.6	8.0	239
123	Чечва	с. Спас	269	29	23	12.6	10.9	421
124	Дуба	с. Дуба	35.1	14	10	32.7	27.7	455
125	Луква	с. Боднарів	185	23	49	8.4	6.4	282
126	Бистриця	с. Ямниця	2450	12	5	10.8	6.9	222
127	Бистриця Надвірнянська	с. Пасічна	482	60	34	19.5	12.1	532
128	Ворона	м. Тисмениця	657	14	67	4.6	3.4	240
129	Бистриця Солотвинська	с. Гута	112	65	17	44.6	30.3	637

**ДОДАТОК В**  
**ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОЗБОРІВ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ**  
**У МЕЖАХ РОЗРАХУНКОВИХ СТВОРІВ**

№	Ріка	Пункт	Площа водозбору км <sup>2</sup>	Середня висота водозбору, м абс.	Середній похил водозбору, ‰	Густота річкової мережі, км/км <sup>2</sup>	Площа, %		
							лісів	озер	боліт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Тиса	м. Рахів	1070	1100	—		68	1	0
2.	Тиса	с. Ділове	1190	1000	—		69	1	0
3.	Тиса	м. Хуст	7690	870	—		56	1	0
4.	Тиса	смт Вилок	9140	—	—		55	1	1
5.	Тиса	нижче впадіння р. Боржави	10600	—	—		54	1	1
6.	Чорна Тиса	смт Ясіня	194	1000	283	1.65	75	1	0
7.	Чорна Тиса	с.Білин	540	1000	298		65	1	0
8.	Лазівщина	гирло	159	980	229		68	0	0
9.	Біла Тиса	с. Луги	189	1200	344	1.29	77	<1	0
10.	Біла Тиса	с. Ростоки	473	1100	369		72	1	0
11.	Стоговець	гирло	30,6	1250	404		85	<1	0
12.	Бальзатул	гирло	36,6	1340	342		76	<1	0
13.	Косівська	с. Косівська Поляна	122	1060	380	1.81	83	<1	0
14.	Тересва	смт Усть-Чорна	572	1100	374		77	0	0
15.	Тересва	смт Дубове	757	1000	387		76	0	0
16.	Тересва	с.Нересниця	1100	930	—		72	0	0
17.	Мокрянка	с.Руська Мокра	214	1100	422		80	0	0
18.	Брустурянка	с. Лопухів	257	1100	335		77	0	0
19.	Красна	с. Красне	50.7	880	452	1.44	89	0	0
20.	Лужанка	с. Нересниця	149	770	393	1.84	65	0	0
21.	Теребля	місц. Острика (за 100 м нижче гирла р.Озеранки)	208	1100	346		79	<1	0
22.	Теребля	с. Колочава	369	1000	338		67	<1	0
23.	Ріка	с.Верхній Бистрий	165	920	333		64	0	0
24.	Ріка	смт Міжгір'я	550	800	308		41	0	0
25.	Ріка	с. Нижній Бистрий	781	780	320		49	0	0
26.	Ріка	м. Хуст	1130	680	—		52	0	0
27.	Голятинка	с. Майдан	86	790	316		40	0	0
28.	Репінка	с. Репіно	203	780	238		22	0	0
29.	Пилипець	с. Пилипець	44,2	820	270		29	0	0
30.	Студений	с. Нижній Студений	25,4	800	400		18	0	0
31.	Батар	гирло	393	260	74		19	0	2
32.	Боржава	смт Довге	408	620	326		71	0	0
33.	Боржава	с. Шаланки	1100	470	—		54	0	<1
34.	Боржава	с. Добросілля	1350	400	195		48	<1	<1
35.	Іршава	вище притоки без назви, що впадає біля с. Колодне	92	650	178		72	0	0
36.	Іршава	смт Іршава	230	500	171		59	0	0
37.	Латориця	с. Підполоззя	324	720	275		50	0	0
38.	Латориця	м. Свалява	680	700	317		61	0	0
39.	Латориця	м. Мукачеве	1360	570	—		63	0	0
40.	Латориця	нижче впадання р.Стара	2040	460	—		45	0	0
41.	Латориця	Чоп	2870	310	141		41	<1	<1
42.	Жденявка	с. Верхня Грабовниця	150	770	315		66	0	0
43.	Віча	с. Нелипине	241	760	289		72	0	0
44.	Пінія	с. Поляна	166	530	248	1.63	79	0	0



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
45.	Стара	с. Зняцеве	224	300	131		42	0	0
46.	Стара	гирло	464	280	112		46	0	0
47.	Полуй	гирло	79	240	134		39	0	<1
48.	Коропець	гирло	673	140	45		26	0	<1
49.	Уж	с. Жорнава	286	670	280		45	0	0
50.	Уж	смт. Великий Березний	653	620	274		55	0	0
51.	Уж	с. Заречеве	1280	560	–		54	0	0
52.	Уж	нижче впадання р. Турії	1773	540	–		56	0	0
53.	Уж	м. Ужгород	1970	530	220		57	0	0
54.	Люта	с.Чорноголова	169	700	328	1.8	80	0	0
55.	Люта	гирло	270	700	279		83	0	<1
56.	Турія	с. Турія Поляна	98,6	680	310	2.3	83	0	0
57.	Турія	с. Симер	464	540	257		61	0	0
58.	Сірет	с. Лопушна	152	910	150	1.26	76	0	0
59.	Сірет	м.Сторожинець	672	590	144		51	<1	<1
60.	Сірет	нижче впадання р. Малого Сирета	1419	530	–		43	<1	<1
61.	Міхідра	с. Липовани	144	480	57	1.78	35	0	<1
62.	Малий Сирет	с. Верхні Петрівці	488	550	80		47	<1	0
63.	Прут	с. Кремінці	366	1000	285		85	0	0
64.	Прут	м. Яремча	597	990	281		87	0	0
65.	Прут	м. Снятин	3240	670	–		69	<1	<1
66.	Прут	нижче впадання р. Черемош	5898	780	–		64	<1	<1
67.	Прут	м. Чернівці	6890	450	–		42	<1	<1
68.	Кам'янка	с. Дора	18.1	870	446	1.39	76	0	0
69.	Лючка	Нижче впадання р.Сухи	86	600	188		28	0	0
70.	Лючка	гирло	397	490	116		27	0	0
71.	Сопівка	гирло	140	440	84		29	0	0
72.	Пистинка	нижче впадання р. Бростурки	126	880	289		21	0	0
73.	Пистинка	гирло	265	690	214		25	0	0
74.	Турка	гирло	140	300	20		7	0	0
75.	Рибниця	м. Косів	141	700	307		28	0	0
76.	Рибниця	гирло	291	520	120		18	0	0
77.	Чернява	гирло	351	300	55		7	0	1
78.	Черемош	с. Устерики	1500	1100	–		51	<1	0
79.	Черемош	нижче впадання р. Путили	1900	1070	–		55	<1	<1
80.	Черемош	гирло	2560	910	172		60	<1	<1
81.	Білий Черемош	с. Яблуниця	552	1200	334		56	<1	0
82.	Перкалаб	гирло	63,2	1360	332		92	0	0
83.	Сарата	гирло	72,4	1240	265		64	0	0
84.	Чорний Черемош	нижче впадання р. Ільця	629	1200	335		56	<1	0
85.	Чорний Черемош	смт Верховина	657	1200	321		57	<1	0
86.	Чорний Черемош	с. Верхній Ясенів	748	1140	317		54	<1	<1
87.	Чорний Черемош	гирло	856	1100	301		48	<1	<1
88.	Ільця	с. Ільці	86.1	1100	303	1.78	52	0	0
89.	Путила	смт. Путила (нижче впадання р.Сторонець)	181	960	325	1.84	50	0	0
90.	Путила	гирло	391	930	299		50	0	0
91.	Лопатинка	гирло	265	230	51		13	1	0
92.	Дністер	с. Стрілки	384	620	180		40	0	0
93.	Дністер	м. Самбір	850	570	171		51	0	0
94.	Дністер	смт Роздол	5700	400	-		25	<1	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95.	Стрвяж (Стривігор)	м. Хирів	355	500	156		35	0	<1
96.	Стрвяж	с. Луки	910	400	85		23	<1	10
97.	<b>Верещиця</b>	<b>м. Комарне</b>	812	310	25		23	<1	9
98.	Бистриця Тисьменська	с. Озими́на	206	520	152		37	<1	1
99.	Тисьмениця	м. Дрогобич	250	390	85		36	<1	5
100.	<b>Щерець</b>	<b>смт Щирець</b>	307	300	27		12	<1	6
101.	<b>Зубра</b>	<b>с. Димівка</b>	212	330	65		24	0	2
102.	Стрий	с. Матків	106	860	161	1.55	56	0	0
103.	Стрий	с. Заваді́вка	740	800	143		35	0	0
104.	Стрий	с. Новий Кропивник	1140	760	-		36	0	0
105.	Стрий	смт Верхнє Синьвидне	2400	760	-		48	0	<1
106.	Яблунька	м. Турка	136	690	122	1.84	21	0	0
107.	Рибник	с. Рибник	159	830	223	1.85	79	0	0
108.	Опір	м. Сколе	733	820	294		50	0	0
109.	Славська	смт Славське	76.3	860	285	1.55	24	0	0
110.	Рожанка	С. Ружанка	88.6	880	289	1.50	55	0	0
111.	Головчанка	с. Тухля	130	810	250	1.64	28	0	0
112.	Орава	х. Святослав	204	860	314		68	0	0
113.	Бережниця	с. Олексичі	102	370	60	1.02	52	0	0
114.	Свіча	х. Мислівка	201	1000	322		95	0	0
115.	Свіча	с. Зарі́чне	1280	730	-		64	0	0
116.	Лужанка (Витвиця)	с. Гошів	146	660	240	1.36	55	0	0
117.	Сукель	с. Тисів	138	770	297	1.33	80	0	0
118.	Свіж	смт Букачівці	465	310	84		20	<1	5
119.	Болохівка	с. Томашівці	268	350	39		48	<1	<1
120.	Лімниця	с. Осмолода	203	1200	322		83	0	0
121.	Лімниця	с. Перевозець	1490	760	-		55	0	2
122.	Чечва	с. Спас	269	820	270		72	0	0
123.	Дуба	с. Дуба	35.1	610	228	1.10	56	0	0
124.	Луква	с. Боднарів	185	480	46	0.65	62	0	0
125.	Бистриця	с. Ямниця	2450	890	-		40	<1	<1
126.	Бистриця Надвірнянська	с. Пасі́чна	482	1000	336		72	0	0
127.	Ворона	м. Тисмениця	657	-	-		24	<1	1
128.	Бистриця Солотвин-ська	с. Гута	112	1100	330	1.27	92	0	0

# ДОДАТОК Г

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ І ЗМІШАНИХ ВЕСНЯНИХ ПАВОДКІВ ТА ПАРАМЕТРИ ФОРМУЛ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ПОВЕНЕВИХ ВИТРАТ

Таблиця Г1 Характеристики максимального стоку весняної повені і змішаних весняних паводків та параметри формули  
максимальних витрат по СНиП 2.01.14 - 83

Ріка – пункт	Площа водозбору $F, \text{км}^2$	Кіль- кість років спосте- режень	За період спостережень		Параметри кривої забезпеченості (чисельник для $Q$ , знаменник для $h_0$ )			$\frac{Q_{1\%}, \text{м}^3 / \text{с}}{h_{1\%}, \text{мм}}$	Параметри формули $\frac{K_0}{n}$
			$\frac{Q, \text{м}^3 / \text{с}}{h, \text{мм}}$	Рік	$\frac{Q_0, \text{м}^3 / \text{с}}{h_0, \text{мм}}$	$C_v$	$\frac{C_s}{C_v}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Басейн Дунаю									
1.Тиса – Рахів	1070	34	$\frac{652}{118}$	$\frac{1947}{1964}$	$\frac{243}{57}$	$\frac{0,82}{0,60}$	$\frac{2,3}{2,0}$	$\frac{950}{163}$	$\frac{0,0183}{0,17}$
2.Чорна Тиса – Ясіня	194	25	$\frac{114}{100}$	$\frac{1977}{1975}$	$\frac{58,8}{55}$	$\frac{0,94}{0,51}$	$\frac{2,5}{2,4}$	$\frac{265}{145}$	$\frac{0,0232}{0,17}$
3. Чорна Тиса - Білин	540	35	$\frac{394}{110}$	$\frac{1947}{1964}$	$\frac{138}{55}$	$\frac{0,83}{0,51}$	$\frac{2,3}{2,4}$	$\frac{545}{145}$	$\frac{0,0203}{0,17}$
4. Біла Тиса – Ростоки	473	26	$\frac{297}{185}$	$\frac{1979}{1979}$	$\frac{114}{62}$	$\frac{0,93}{0,58}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{500}{195}$	$\frac{0,071}{0,17}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Косівська – Косівська Поляна	122	18	<u>116</u> 165	<u>1979</u> 1964	<u>39,4</u> 83	<u>0,90</u> 0,60	<u>2,3</u> 2,3	<u>170</u> 247	<u>0,0129</u> 0,17
6. Шопурка – Кобилецька Поляна	240	27	<u>343</u> 168	<u>1979</u> 1974	<u>99,3</u> 86	<u>0,85</u> 0,56	<u>2,0</u> 2,3	<u>390</u> 242	<u>0,0170</u> 0,17
7. Тересва – Усть-Чорна	572	27	<u>469</u> 133	<u>1957</u> 1975	<u>150</u> 82	<u>0,89</u> 0,58	<u>2,3</u> 1,5	<u>760</u> 222	<u>0,0176</u> 0,17
8 .Тересва – Дубове	757	30	<u>640</u> 133	<u>1947</u> 1974	<u>231</u> 80	<u>0,83</u> 0,60	<u>2,3</u> 1,5	<u>910</u> 230	<u>0,0160</u> 0,17
9 . Тересва – Нересниця	1100	25	<u>840</u> 235	<u>1962</u> 1979	<u>325</u> 79	<u>0,80</u> 0,65	<u>2,1</u> 1,5	<u>1220</u> 235	<u>0,0154</u> 0,17
10. Мокрянка – Руська Мокра	214	34	<u>272</u> 223	<u>1957</u> 1977	<u>76,1</u> 80	<u>1,00</u> 0,60	<u>2,3</u> 1,5	<u>363</u> 223	<u>0,0190</u> 0,17
11 . Брустуриянка – Лопухів	257	35	<u>217</u> 152	<u>1979</u> 1974	<u>76,0</u> 69	<u>1,00</u> 0,57	<u>2,3</u> 1,4	<u>362</u> 182	<u>0,0191</u> 0,17
12 . Красна – Красна	50,7	24	<u>60,4</u> 185	<u>1968</u> 1964	<u>31,9</u> 99	<u>0,77</u> 0,51	<u>2,0</u> 2,0	<u>114</u> 255	<u>0,0175</u> 0,17
13 . Лужанка – Нересниця	149	25	<u>238</u> 203	<u>1979</u> 1964	<u>85,9</u> 100	<u>0,71</u> 0,47	<u>2,0</u> 2,3	<u>285</u> 245	<u>0,0183</u> 0,17
14 . Теремля – Колочава	369	29	<u>316</u> 170	<u>1957</u> 1977	<u>151</u> 85	<u>0,73</u> 0,47	<u>2,5</u> 1,7	<u>535</u> 202	<u>0,0197</u> 0,17
15 . Ріка – Верхній Бистрий	165	27	<u>142</u> 150	<u>1957</u> 1964	<u>68,1</u> 84	<u>0,81</u> 0,50	<u>2,4</u> 1,6	<u>265</u> 204	<u>0,0188</u> 0,17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16 . Ріка – Міжгір'я	550	35	<u>735</u> 148	<u>1957</u> 1964	<u>248</u> 82	<u>0,72</u> 0,43	<u>2,4</u> 2,1	<u>860</u> 187	<u>0,0244</u> 0,17
17 . Ріка – Хуст	1130	25	<u>876</u> 161	<u>1956</u> 1964	<u>431</u> 83	<u>0,63</u> 0,47	<u>1,4</u> 1,5	<u>1235</u> 193	<u>0,0182</u> 0,17
18 . Голятинка – Майдан	86,0	25	<u>100</u> 202	<u>1957</u> 1976	<u>44,7</u> 89	<u>0,72</u> 0,50	<u>2,1</u> 1,5	<u>151</u> 216	<u>0,0175</u> 0,17
19 . Репінка – Репіно	203	35	<u>253</u> 163	<u>1957</u> 1976	<u>108</u> 84	<u>0,65</u> 0,45	<u>1,7</u> 1,5	<u>322</u> 190	<u>0,0206</u> 0,17
20 . Пилипець – Пилипець	44,2	25	<u>51,7</u> 188	<u>1957</u> 1964	<u>28,9</u> 104	<u>0,61</u> 0,42	<u>2,3</u> 2,2	<u>86,1</u> 233	<u>0,0161</u> 0,17
21. Студений – Нижній и Студений	25,4	27	<u>28,6</u> 158	<u>1957</u> 1976	<u>13,3</u> 86	<u>0,89</u> 0,47	<u>2,4</u> 2,0	<u>56,7</u> 204	<u>0,0192</u> 0,17
22. Боржава – Довге	408	34	<u>(411)</u> (331)	<u>1979</u> 1979	<u>170</u> 82	<u>0,56</u> 0,50	<u>1,1</u> 2,0	<u>432</u> 230	<u>0,0130</u> 0,17
23. Іршава – Іршава	230	26	<u>136</u> 146	<u>1962</u> 1979	<u>67,1</u> 74	<u>0,80</u> 0,42	<u>2,3</u> 2,6	<u>256</u> 168	<u>0,0166</u> 0,17
24 . Латориця – Підполоззя	324	34	<u>537</u> 205	<u>1957</u> 1978	<u>181</u> 95	<u>0,59</u> 0,44	<u>2,5</u> 2,5	<u>536</u> 227	<u>0,0200</u> 0,17
25. Латориця – Мукачево	1360	34	<u>1480</u> 113	<u>1957</u> 1964	<u>482</u> 63	<u>0,71</u> 0,40	<u>2,1</u> 2,0	<u>1615</u> 137	<u>0,0295</u> 0,17
26. Жденявка – Верхня Грабівниця	150	29	<u>168</u> 163	<u>1957</u> 1964	<u>66,2</u> 89	<u>0,77</u> 0,44	<u>2,7</u> 2,5	<u>251</u> 211	<u>0,0186</u> 0,17
27 . Віча – Нелепино	241	23	<u>249</u> 148	<u>1957</u> 1976	<u>82,8</u> 78	<u>0,86</u> 0,54	<u>2,5</u> 1,5	<u>343</u> 199	<u>0,0181</u> 0,17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28. Пінія – Поляна	166	28	<u>176</u> 214	<u>1957</u> 1976	<u>67,7</u> 77	<u>0,69</u> 0,55	<u>2,5</u> 2,5	<u>230</u> 216	<u>0,0152</u> 0,17
29 . Стара – Зняцеве	224	29	<u>54,7</u> 104	<u>1974</u> 1967	<u>27,7</u> 51	<u>0,51</u> 0,51	<u>2,3</u> 1,8	<u>72,4</u> 129	<u>0,0062</u> 0,17
30 . Уж – Жорнава	286	29	<u>284</u> 185	<u>1957</u> 1976	<u>129</u> 86	<u>0,62</u> 0,49	<u>2,4</u> 2,3	<u>394</u> 214	<u>0,0173</u> 0,17
31. Уж – Великий Березний	653	26	<u>552</u> 175	<u>1957</u> 1976	<u>254</u> 82	<u>0,60</u> 0,45	<u>2,3</u> 2,4	<u>752</u> 194	<u>0,0180</u> 0,17
32 . Уж – Зарічеве	1280	34	<u>1210</u> 156	<u>1957</u> 1976	<u>527</u> 73	<u>0,59</u> 0,45	<u>1,5</u> 2,0	<u>1450</u> 171	<u>0,0223</u> 0,17
33 . Уж – Ужгород	1970	34	<u>1680</u> 131	<u>1957</u> 1964	<u>781</u> 72	<u>0,59</u> 0,44	<u>1,2</u> 0,7	<u>2090</u> 152	<u>0,0253</u> 0,17
34 . Люта – Черногорова	169	25	<u>200</u> 137	<u>1957</u> 1964	<u>79,1</u> 82	<u>0,71</u> 0,38	<u>2,4</u> 1,0	<u>272</u> 162	<u>0,0240</u> 0,17
35 . Тур'я – Симер	464	24	<u>427</u> 119	<u>1957</u> 1975	<u>174</u> 72	<u>0,69</u> 0,38	<u>2,2</u> 1,0	<u>580</u> 143	<u>0,0250</u> 0,17
36 . Сирет – Сторожинець	672	28	<u>(110)</u> 164	<u>1977</u> 1980	<u>50,4</u> 71	<u>0,58</u> 0,58	<u>1,6</u> 1,6	<u>136</u> 184	<u>0,0056</u> 0,25
37 . Михидра – Липовани	144	25	<u>29,4</u> 132	<u>1962</u> 1962	<u>15,5</u> 64	<u>0,64</u> 0,57	<u>1,4</u> 1,5	<u>45,1</u> 164	<u>0,0066</u> 0,25
38 . Малий Сирет – Верхні Петрівці	88	21	<u>79,0</u> 99	<u>1962</u> 1962	<u>39,0</u> 55	<u>0,79</u> 0,70	<u>2,4</u> 2,3	<u>148</u> 184	<u>0,0077</u> 0,25
39 . Прут – Яремче	597	31	<u>299</u> 241	<u>1952</u> 1976	<u>95,4</u> 83	<u>0,81</u> 0,77	<u>2,4</u> 2,3	<u>370</u> 306	<u>0,0101</u> 0,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40 . Кам'янка – Дора	18,1	35	<u>14,2</u> 186	<u>1977</u> 1977	<u>4,15</u> 75	<u>0,90</u> 0,59	<u>2,4</u> 2,6	<u>17,9</u> 221	<u>0,0093</u> 0,25
41 . Ільця – Ільці	86,1	22	<u>19,7</u> 148	<u>1964</u> 1962	<u>14,1</u> 72	<u>0,75</u> 0,64	<u>2,4</u> 2,0	<u>50,8</u> 220	<u>0,0082</u> 0,25
42. Дерелуй – Молодія	289	27	<u>69,0</u> 75	<u>1973</u> 1973	<u>24,4</u> 29	<u>0,81</u> 0,79	<u>2,1</u> 2,2	<u>93,2</u> 108	<u>0,0160</u> 0,25
Басейн Дністра (правобережні притоки)									
43 . Дністер – Самбір	850	35	<u>188</u> 224	<u>1952</u> 1976	<u>88,2</u> 96	<u>0,62</u> 0,66	<u>1,4</u> 2,0	<u>250</u> 300	<u>0,0073</u> 0,25
44 . Дністер – Галич	14700	65	<u>2020</u> 168	<u>1912</u> 1907	<u>830</u> 92	<u>0,56</u> 0,48	<u>2,7</u> 1,3	<u>2360</u> 214	<u>0,0086</u> 0,25
45 . Дністер – Заліщики	24600	70	<u>3400</u> 166	<u>1912</u> 1941	<u>1280</u> 80	<u>0,56</u> 0,50	<u>2,9</u> 1,6	<u>3720</u> 196	<u>0,0098</u> 0,25
46 .Тисмениця – Дрогобич	250	41	<u>72,3</u> 182	<u>1965</u> 1941	<u>33,7</u> 67	<u>0,79</u> 0,76	<u>2,4</u> 2,2	<u>128</u> 241	<u>0,0085</u> 0,25
47 .Стрий – Матків	106	26	<u>54,7</u> 537	<u>1958</u> 1967	<u>43,5</u> 217	<u>0,65</u> 0,48	<u>2,7</u> 0,8	<u>112</u> 489	<u>0,0700</u> 0,25
48. Стрий – Верхнє Синєвидне	2400	35	<u>1600</u> 301	<u>1957</u> 1967	<u>500</u> 149	<u>0,69</u> 0,52	<u>2,8</u> 0,6	<u>1730</u> 347	<u>0,0145</u> 0,25
49. Рибник – Рибник	159	32	<u>86,7</u> 392	<u>1949</u> 1976	<u>43,7</u> 183	<u>0,63</u> 0,58	<u>1,9</u> 2,4	<u>128</u> 529	<u>0,0054</u> 0,25
50 . Опір – Сколе	733	25	<u>600</u> 327	<u>1957</u> 1967	<u>175</u> 127	<u>0,92</u> 0,78	<u>2,5</u> 2,7	<u>775</u> 490	<u>0,0113</u> 0,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
51 . Славська – Славське	76,3	27	<u>83,7</u> 422	<u>1964</u> 1976	<u>29,3</u> 191	<u>0,79</u> 0,49	<u>2,5</u> 1,4	<u>114</u> 454	<u>0,0097</u> 0,25
52 . Головчанка – Тухля	130	26	<u>150</u> 383	<u>1957</u> 1967	<u>43,7</u> 175	<u>1,09</u> 0,57	<u>2,4</u> 1,6	<u>228</u> 470	<u>0,0126</u> 0,25
53 . Орава – Святослав	204	36	<u>172</u> 363	<u>1957</u> 1967	<u>51,8</u> 158	<u>0,96</u> 0,60	<u>2,6</u> 2,0	<u>241</u> 457	<u>0,0098</u> 0,25
54 . Свіча – Мислівка	201	26	<u>168</u> 324	<u>1957</u> 1968	<u>53,9</u> 175	<u>0,97</u> 0,59	<u>2,8</u> 2,0	<u>260</u> 498	<u>0,0098</u> 0,25
55 . Свіча – Зарічне	1280	28	<u>455</u> 259	<u>1957</u> 1976	<u>180</u> 150	<u>0,77</u> 0,84	<u>2,1</u> 2,1	<u>649</u> 592	<u>0,0051</u> 0,25
56 . Сукель – Тисів	138	22	<u>89,2</u> 291	<u>1978</u> 1976	<u>22,1</u> 139	<u>0,90</u> 0,50	<u>2,5</u> 2,0	<u>95,5</u> 350	<u>0,0068</u> 0,25
57 . Лімниця – Осмолода	203	24	<u>109</u> 311	<u>1957</u> 1962	<u>49,7</u> 155	<u>0,90</u> 0,59	<u>2,0</u> 1,7	<u>184</u> 433	<u>0,0079</u> 0,25
58 . Лімниця – Перевозець	1490	27	<u>414</u> 273	<u>1978</u> 1969	<u>131</u> 112	<u>0,85</u> 0,73	<u>2,5</u> 2,3	<u>535</u> 395	<u>0,0056</u> 0,25
59 . Чечва – Спас	269	25	<u>182</u> 234	<u>1957</u> 1976	<u>51,3</u> 119	<u>1,06</u> 0,64	<u>2,6</u> 2,0	<u>268</u> 358	<u>0,0113</u> 0,25
60 . Луква – Боднарів	185	27	<u>80,4</u> 193	<u>1969</u> 1965	<u>34,2</u> 97	<u>0,82</u> 0,64	<u>2,7</u> 1,9	<u>137</u> 291	<u>0,0094</u> 0,25
61 . Бистриця Надвірнянська – Пасічна	482	24	<u>202</u> 256	<u>1957</u> 1968	<u>85,6</u> 135	<u>0,82</u> 0,65	<u>2,6</u> 2,0	<u>344</u> 417	<u>0,0092</u> 0,25
62. Бистриця Солотвинська – Гута	112	32	<u>88,0</u> 292	<u>1957</u> 1966	<u>25,2</u> 113	<u>1,09</u> 0,72	<u>2,4</u> 1,8	<u>132</u> 373	<u>0,0103</u> 0,25



Таблиця Г 2. Ординати кривих трьохпараметричного гама-розподілу.

P%	$C_v$											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$C_s=1,5C_v$												
0,001	1,47	2,01	2,63	3,30	4,03	4,81	5,64	6,50	7,41	8,39	9,41	10,4
0,01	1,40	1,86	2,38	2,94	3,55	4,19	4,88	5,61	6,38	7,19	8,03	8,92
0,03	1,37	1,79	2,26	2,76	3,30	3,88	4,50	5,14	5,82	6,56	7,33	8,13
0,05	1,35	1,75	2,20	2,68	3,18	3,73	4,31	4,93	5,58	6,26	6,95	7,67
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06	4,62	5,22	5,84	6,50	7,18
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62	4,10	4,61	5,14	5,72	6,32
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,61	3,00	3,41	3,85	4,31	4,80	5,32	5,87
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11	3,49	3,89	4,30	4,74	5,21
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,09	2,34	2,60	2,88	3,16	3,46	3,78	4,12
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34	2,57	2,80	3,03	3,28	3,55
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,26	2,41	2,56	2,71
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,40	1,47	1,54	1,61	1,67	1,72	1,76	1,80
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,43	1,46	1,48	1,49	1,49
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,28	1,28	1,28	1,26	1,24
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03	0,994	0,952	0,901	0,840
50	0,998	0,990	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862	0,814	0,756	0,690	0,618	0,541
60	0,972	0,940	0,903	0,860	0,812	0,757	0,695	0,627	0,553	0,475	0,398	0,324
70	0,946	0,888	0,826	0,760	0,690	0,616	0,538	0,457	0,376	0,298	0,228	0,168
75	0,931	0,860	0,785	0,708	0,630	0,545	0,460	0,377	0,297	0,223	0,161	0,111
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384	0,299	0,223	0,156	0,105	0,067
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,310	0,222	0,148	0,092	0,053	0,028	0,014
95	0,840	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,130	0,074	0,038	0,018	0,008	0,003
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088	0,045	0,020	0,008	0,003	0,001
99	0,780	0,581	0,410	0,268	0,160	0,084	0,038	0,015	0,005	0,001	0,0004	0,0001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C <sub>s</sub> =2C <sub>v</sub>												
0,001	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,5	13,2	15,1
0,01	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	8,11	10,5	11,8
0,03	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9,20	10,3
0,05	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,60	8,61	9,65
0,10	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91	7,75	8,65
0,30	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81	6,47	7,10
0,5	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30	5,90	6,50
1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60	5,05	5,53
3	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,194	3,21	3,51	3,80	4,12
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00	3,22	3,40
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30	2,40	2,50
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61	1,62	1,63
25	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39	1,39	1,35
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	1,18	1,14
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916	0,870	0,830
50	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693	0,640	0,580
60	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511	0,450	0,390
70	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357	0,300	0,250
75	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288	0,241	0,193
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223	0,175	0,130
90	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105	0,074	0,049
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051	0,030	0,016
97	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,040	0,030	0,016	0,008
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010	0,005	0,002
99,5	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005	0,002	0,001
99,7	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003	0,001	0,0003
99,9	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001	0,0002	0,00004

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C <sub>s</sub> =2,5C <sub>v</sub>												
0,001	1,52	2,18	3,05	4,13	5,41	6,90	8,61	10,5	12,6	14,8	17,2	19,9
0,01	1,44	1,98	2,67	3,49	4,45	5,54	6,76	8,10	9,55	11,1	12,8	14,6
0,03	1,40	1,88	2,48	3,18	4,00	4,91	5,93	7,02	8,20	9,46	10,8	12,2
0,05	1,38	1,83	2,39	3,04	3,79	4,62	5,54	6,53	7,59	8,72	9,92	11,2
0,1	1,35	1,77	2,27	2,85	3,51	4,24	5,04	5,90	6,80	7,76	8,76	9,81
0,3	1,30	1,66	2,08	2,55	3,07	3,64	4,26	4,91	5,58	6,28	7,02	7,78
0,5	1,28	1,61	1,99	2,41	2,87	3,36	3,90	4,46	5,03	5,63	6,25	6,89
1	1,25	1,54	1,86	2,21	2,59	3,00	3,42	3,87	4,32	4,78	5,26	5,73
3	1,20	1,42	1,65	1,90	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,50	3,77	4,04
5	1,17	1,35	1,55	1,74	1,95	2,15	2,35	2,55	2,75	2,94	3,13	3,31
10	1,13	1,26	1,40	1,53	1,66	1,78	1,90	2,01	2,12	2,22	2,31	2,39
20	1,08	1,16	1,23	1,30	1,36	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,55	1,56
25	1,07	1,12	1,18	1,22	1,26	1,28	1,31	1,32	1,33	1,33	1,32	1,31
30	1,05	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16	1,14	1,11
40	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	0,989	0,962	0,930	0,895	0,857	0,816
50	0,997	0,984	0,964	0,938	0,905	0,870	0,830	0,787	0,742	0,695	0,648	0,600
60	0,972	0,935	0,893	0,847	0,797	0,745	0,692	0,639	0,586	0,533	0,482	0,432
70	0,945	0,885	0,822	0,758	0,683	0,629	0,567	0,506	0,449	0,395	0,344	0,297
75	0,931	0,858	0,785	0,712	0,640	0,571	0,505	0,443	0,385	0,332	0,283	0,238
80	0,915	0,830	0,745	0,663	0,585	0,512	0,441	0,381	0,324	0,272	0,226	0,185
90	0,875	0,757	0,648	0,549	0,459	0,381	0,310	0,250	0,198	0,155	0,118	0,089
95	0,843	0,702	0,756	0,467	0,373	0,293	0,227	0,172	0,128	0,093	0,066	0,046
97	0,823	0,667	0,533	0,420	0,325	0,247	0,184	0,134	0,095	0,065	0,044	0,028
99	0,784	0,606	0,459	0,341	0,248	0,175	0,120	0,080	0,052	0,032	0,019	0,011
C <sub>s</sub> =3C <sub>v</sub>												
0,001	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,3	12,7	15,4	18,2	21,3	24,5
0,01	1,46	2,05	2,83	3,80	4,94	6,26	7,70	9,30	11,0	12,8	14,8	16,8
0,003	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,6	12,1	13,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,05	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,40	9,65	11,0	12,4
0,1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41	9,49	10,6
0,3	1,31	1,69	2,12	2,65	3,21	3,82	4,48	5,17	5,88	6,61	7,37	8,15
0,5	1,28	1,63	2,03	2,48	2,97	3,50	4,06	4,64	5,24	5,84	6,47	7,10
1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87	5,33	5,79
3	1,20	1,42	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	3,21	3,47	3,73	3,98
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88	3,05	3,22
10	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15	2,23	2,30
20	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49	1,50	1,50
25	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29	1,28	1,27
30	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13	1,11	1,08
40	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883	0,848	0,812
50	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699	0,656	0,614
60	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549	0,503	0,459
70	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422	0,375	0,333
75	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363	0,318	0,277
80	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306	0,263	0,224
90	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193	0,156	0,126
95	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129	0,100	0,076
97	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,099	0,073	0,054
99	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058	0,040	0,027
99,5	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043	0,028	0,018
99,7	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034	0,022	0,014
99,9	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022	0,013	0,007

Г.3 Параметри формули граничної інтенсивності В.І. Мокляка для визначення максимального стоку весняної повені і весняних паводків змішаного походження.

Річка	Пункт	Довжина річки, L км	Площа водозбору, F км <sup>2</sup>	Лісистість, %	Заболоченість, %	Падіння річки, Н м	Швидкість, V км/добу	Час добігання $\tau$ , діб	Тривалість водовіддачі, діб	$n = \tau / t_d$	Коефіцієнт $\phi$	Коефіцієнт m	Коефіцієнт $\rho$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Басейн р Дунай													
Тиса	с.мт Рахів	52	1070	68	-	806	93	0,56	5	-	0,379	1,68	0,62
“	с. Ділове	70	1190	69	-	890	97	0,72	5	-	0,301	1,69	0,62
“	с.мт Вилок	207	9140	40	-	1120	104	1,98	5	0,40	0,194	1,40	0,78
Чорна Тиса	с. Білин	43	540	67	-	740	91	0,47	5	-	0,426	1,67	0,62
Біла Тиса	с. Луги	49	189	77	-	922	78	0,24	5	-	0,616	1,77	0,57
“	с. Росток	30	473	72	-	1020	81	0,37	5	-	0,494	1,72	0,60
Шопурка	с. Кобилецька Поляна	30	240	80	-	990	130	0,23	5	-	0,628	1,80	0,57
Тересва	с. Устьчорна	34	572	77	-	680	88	0,39	5	-	0,478	1,77	0,58
“	с. Дубове	55	757	76	-	820	122	0,45	5	-	0,438	1,76	0,59
Мокрянка	с. Руська Мокра	30	214	79	-	660	113	0,27	5	-	0,582	1,79	0,57

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Брустурянка	с. Лопухів	28	257	77	-	795	93	0,30	5	-	0,551	1,77	0,58
Теребля	місц. Острика	16	208	79	-	396	96	0,17	5	-	0,712	1,79	0,56
Теребля	с. Колочава	33	369	66	-	545	107	0,30	5	-	0,551	1,66	0,62
“	с. Бовцари	43	435	69	-	632	112	0,38	5	-	0,485	1,69	0,61
Ріка	с. Верхній Бистрий	15	165	65	-	314	88	0,17	5	-	0,710	1,65	0,61
“	сmt Міжгір’я	28	550	41	-	403	96	0,29	5	-	0,562	1,41	0,72
Голятинка	с. Голятин	12	59,0	34	-	378	72	0,17	5	-	0,710	1,34	0,75
Репінка	с. Репіне	28	203	23	-	408	75	0,37	5	-	0,494	1,23	0,81
Студений	с. Нижній Студений	7,5	25,4	17	-	212	60	0,12	5	-	0,802	1,17	0,85
Боржава	с. Довге	37	408	71	-	1330	110	0,34	5	-	0,516	1,71	0,61
Іршава	сmt Іршава	34	230	61	-	1230	107	0,32	5	-	0,533	1,61	0,64
Латориця	с. Підполоззя	24	324	49	-	425	98	0,25	5	-	0,604	1,49	0,69
“	м. Мукачеве	85	1360	63	-	690	115	0,74	5	-	0,312	1,63	0,65
Жденявка	с. Верхня Грабівниця	24	150	64	-	320	89	0,27	5	-	0,583	1,64	0,62
Пінія	с. Поляна	20	166	81	-	300	67	0,30	5	-	0,551	1,81	0,57
Уж	с. Жорнава	33	286	46	-	490	79	0,42	5	-	0,458	1,46	0,70
“	с. Великий Березний	55	653	54	-	615	85	0,64	5	-	0,348	1,54	0,68
“	с. Зарічеве	73	1280	54	-	665	114	0,64	5	-	0,348	1,54	0,68
“	г. Ужгород	100	1970	57	-	710	116	0,86	5	-	0,281	1,57	0,68
Серет	м. Сторожинець	73	672	51	-	680	53	1,37	5	0,28	0,224	1,51	0,71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Михидра	х. Липовани	23	144	48	-	85	26	0,89	4	0,22	0,255	1,48	0,72
Малий Серет	с. Верхні Петрівці	44	488	47	-	610	51	0,86	3,5	0,25	0,257	1,47	0,72
Прут	сmt Яремча	54	597	87	-	420	75	0,72	5,0	-	0,319	1,87	0,57
Прут	м. Чернівці	196	6890	42	-	4250	100	1,96	3,5	0,39	0,197	1,42	0,77
Кам'янка	с. Дора	8	18,1	76	-	890	48	0,17	5	-	0,712	1,76	0,58
Дерелуй	с. Молодія	26	289	21	-	161	27	0,96	3,5	-	0,227	1,21	0,84
Басейн р. Дністра													
Дністер	с. Стрілки	35	384	40	0	354	42	0,83	6,8	0,14	0,310	1,40	0,74
“	м. Самбір	74	850	51	0	481	47	1,6	6,3	0,25	0,234	1,40	0,76
“	с. Карналовичі	89	895	38	0	490	47	1,9	6,3	0,30	0,219	1,38	0,72
“	с. Чайковичі	106	1930	29	6	509	48	2,2	6,4	0,34	0,208	1,35	0,72
“	с. Розвадів	143	5470	25	9	515	48	3,0	6,5	0,46	0,183	1,34	0,59
“	с. Залісці	175	8890	31	6	525	65	2,7	7,0	0,39	0,196	1,37	0,57
“	с. Журавне	193	9910	30	6	540	65	3,0	7,0	0,43	0,188	1,36	0,58
“	м. Галич	291	14700	31	6	613	68	4,3	6,7	0,64	0,153	1,37	0,61
“	с. Нижний	335	20400	29	5	629	69	4,9	6,3	0,78	0,137	1,34	0,64
“	м. Заліщики	474	24600	25	4	674	88	5,4	6,0	0,90	0,125	1,29	0,67
Тисьмениця	м. Дрогобич	24	250	36	5	502	40	0,60	6,0	-	0,378	1,41	0,73
Стрий	с. Матків	29	106	56	0	444	76	0,38	9,0	-	0,528	1,56	0,65
“	м. Турка	78	897	38	0	539	81	0,96	9,0	-	0,294	1,38	0,74

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
“	с. Новий Кропивник	120	1140	36	0	636	86	1,4	9,0	0,16	0,265	1,36	0,77
“	м. Жидачів	218	2950	45	0	755	91	2,4	8,0	0,30	0,219	1,45	0,74
Яблонька	м. Турка	22	136	21	0	290	53	0,42	8,0	-	0,506	1,21	0,83
Рибник	с. Рибник	29	159	79	0	803	93	0,31	8,5	-	0,584	1,79	0,57
Опор	м. Сколе	44	733	50	0	563	66	0,67	8,5	-	0,376	1,50	0,68
Славська	с. Славське	13	76,3	24	0	495	63	0,21	8,5	-	0,690	1,24	0,81
Рожанка	с. Ружанка	22	88,6	55	0	655	70	0,31	8,5	-	0,594	1,55	0,65
Головчанка	с. Тухля	9,6	130	28	0	202	29	0,33	8,0	-	0,560	1,28	0,79
Орава	х. Святослав	25	204	68	0	380	58	0,43	8,0	-	0,490	1,68	0,61
Свіча	х. Мисловка	20	201	95	0	478	47	0,43	8,0	-	0,500	1,95	0,53
“	с. Зарічне	81	1280	64	1	826	75	1,10	7,5	0,15	0,269	1,64	0,64
“	с. Журавне	119	1490	60	1	1080	82	1,50	7,2	0,21	0,246	1,60	0,67
Лужанка	с. Гошів	26	146	55	0	694	44	0,59	6,0	-	0,385	1,55	0,67
Болохівка	с. Томашівці	46	268	48	1	152	27	1,70	6,0	0,28	0,225	1,48	0,73
Ломниця	с. Пукасівці	121	1520	53	1	1275	54	2,40	6,0	0,40	0,195	1,54	0,67
Чечва	с. Спас	23	269	72	0	290	33	0,70	6,0	0,12	0,344	1,72	0,78
Луква	с. Боднарів	49	185	62	0	412	60	0,82	5,0	0,16	0,306	1,62	0,65
Гнила Липа	м. Рогатин	46	467	31	6	83	26	1,80	4,5	0,40	0,194	1,37	0,79
“	с.м.т. Більшівці	77	848	21	4	115	29	2,60	4,5	0,58	0,162	1,25	0,78
Бистриця Надвірн..	с. Зелена	27	308	72	0	691	53	0,52	6,5	-	0,422	1,72	0,60



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
“	м. Надвірна	46	600	-	-	875	57	0,81	6,0	-	0,314	1,66	0,63
Бистриця Солотвин.	с. Гута	17	112	92	0	758	55	0,31	7,0	-	0,572	1,92	0,53

## ДОДАТОК Д

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ І ПАРАМЕТРИ ФОРМУЛ ДЛЯ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ

Таблиця Д 1 Характеристики максимального стоку дощових паводків і параметри формул СНиП 2.01.14-83

Ріка – Пост	Площа водоз-бору $F, \text{ км}^2$	Період спостережень		За період спостережень				Вит-рата $Q_{1\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	Шар стоку $h_{1\%}, \text{ мм}$	Параметр формули $q_{200}, \frac{\text{м}^3}{\text{с} \cdot \text{км}^2}$
		Роки	Кіль-кість років	Вит-рата $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Рік	Шар стоку $h, \text{ мм}$	Рік			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Басейн Дунаю										
1. Тиса – Ділове	1190	1933-1941 1946-1980	44	863	1970	179	1970	1060	246	1,82
2. Чорна Тиса – Білин	540	1946-1980	35	471	1969	161	1958	596	198	1,64
3. Тересва – Дубове	757	1946-1980	35	378	1951	174	1958	519	196	1,17
4. Мокрянка – Руська Мокра	214	1946-1980	35	133	1957	298	1958	191	273	0,92
5. Брустурянка – Лопухів	257	1946-1980	35	298	1969	246	1970	499	292	2,15
6. Тересва – Колочава	369	1951-1980	30	305	1971	174	1958	385	225	1,33
7. Голятинка – Голятин	59	1955-1980	26	160	1966	103	1972	165	140	1,72
8. Репінка – Репіно	203	1946-1980	35	283	1968	184	1980	365	193	1,81
9. Студений – Нижній Студений	25,4	1954-1980	27	62,7	1971	256	1980	110	211	1,90
10. Боржава – Довге	408	1946-1980	35	287	1951	195	1980	542	231	1,77
11. Іршава – Іршава	230	1955-1980	26	(235)	1979	101	1965	321	188	1,48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12. Латориця – Підполоззя	324	1946-1980	35	433	1980	190	1980	456	173	1,71
13. Жденявка – Верхня Грабівниця	150	1952-1980	29	132	1980	114	1980	183	150	1,09
14. Віча – Нелепино	241	1958-1980	23	313	1980	267	1980	304	214	1,36
15. Стара – Зняцево	224	1952-1980	29	54,6	1980	95	1980	78,8	132	0,37
16. Уж – Жорнава	286	1952-1980	29	259	1955	84	1955	310	136	1,25
17. Уж – Ужгород	1970	1946-1980	35	120	1980	97	1980	1670	91	2,12
18. Люта – Чорноголова	169	1956-1980	25	75,3	1968	80	1970	107	118	0,59
19. Сирет – Лопушна	152	1958-1980	23	222	1969	140	1979	383	173	2,26
20. Михидра – Липовани	144	1946-1970	25	134	1970	123	1970	223	188	1,36
21. Прут – Яремче	597	1950-1980	31	1530	1969	245	1969	1890	315	4,90
22. Прут – Чернівці	6890	1895-1911 1920-1924 1926-1935 1945-1980	69	(5700)	1911	136	1911	6310	162	3,77
23. Кам'янка – Дора	18,1	1946-1980	35	53,2	1969	169	1969 1979	92,8	248	1,96
Басейн Дністра										
24. Дністер – Стрілки	384	1914, 1916-1918, 1920, 1925-1929, 1958-1980	33	446	1969	95	1969	566	149	2,04
25. Дністер – Самбір	850	1946-1980	35	670	1969	90	1969	987	147	2,39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26. Дністер – Заліщики	24600	1895-1914, 1918, 1920-1929, 1940-1980	72	(8040)	1941	98	1969	7600	111	3,43
27. Верещиця – Комарне	812	1957-1980	24	33,3	1959	32	1980	73,2	55	0,18
28. Бистриця – Озими́на	206	1954-1980	27	336	1980	189	1980	375	189	1,85
29. Тисмениця – Дрогобич	250	1940-1980	40	361	1966	181	1980	563	220	2,46
30. Щерек – Щирець	307	1946-1980	34	46,8	1948	43	1948	96,5	75	0,39
31. Стрий - Матків	106	1955-1980	26	120	1980	223	1980	163	211	1,12
32. Стрий – Верхнє Синьовидне	2400	1929-1940, 1951-1980	42	2610	1969	122	1969	2490	148	3,60
33. Яблунька – Турка	136	1954-1980	27	199	1980	183	1980	288	218	1,75
34. Рибник – Рибник	159	1959-1980	32	389	1969	224	1969	480	285	2,69
35. Опір – Сколе	733	1924-1929, 1956-1980	31	966	1969	184	1980	1350	287	3,53
36. Славська – Славське	76,3	1954-1980	27	96,8	1968	126	1980	163	147	1,32
37. Рожанка – Ружанка	88,6	1954-1980	27	125	1969	184	1980	190	182	1,43
38. Головчанка – Тухля	130	1955-1980	26	160	1980	200	1980	232	175	1,44
39. Орава – Святослав	204	1945-1980	36	489	1969	171	1969	452	213	2,26
40. Свіча – Мислівка	201	1955-1980	26	450	1969	205	1969	616	339	3,07
41. Лужанка – Гошів	146	1949-1980	32	300	1974	139	1980	438	182	2,56
42. Болохівка – Томашівці	268	1956-1980	25	261	1980	123	1980	331	151	1,43
43. Луква – Боднарів	185	1954-1980	27	317	1969	170	1969	458	211	2,38

Таблиця Д 2 Максимальний модуль стоку  $q'_{1\%}$  щорічної імовірності перевищення  $P=1\%$ , що виражений в долях від добутку  $\varphi N'_{1\%}$  при  $\delta = 1$  (до формули 2.3.5).

$\Phi_p$	Максимальний модуль стоку $q'_{1\%}$ при тривалості схилового добігання $\tau_{cx}$ , хв				
	10	30	60	100	150
1	2	3	4	5	6
Закарпатська низина					
0	0,32	0,28	0,14	0,095	0,075
1	0,30	0,26	0,12	0,080	0,065
5	0,28	0,24	0,10	0,066	0,054
10	0,25	0,15	0,093	0,064	0,052
20	0,12	0,088	0,065	0,054	0,044
30	0,078	0,062	0,050	0,043	0,035
40	0,055	0,047	0,039	0,035	0,029
50	0,042	0,037	0,032	0,029	0,024
60	0,033	0,031	0,027	0,025	0,021
70	0,023	0,026	0,024	0,022	0,019
80	0,025	0,023	0,021	0,019	0,017
90	0,022	0,020	0,018	0,017	0,016
100	0,019	0,018	0,017	0,016	0,014
150	0,012	0,011	0,011	0,010	0,010
200	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008
Північно-східні схили Карпат					
0	0,34	0,22	0,15	0,10	0,075
1	0,32	0,20	0,13	0,085	0,060
5	0,30	0,18	0,11	0,074	0,049
10	0,21	0,15	0,10	0,070	0,047
20	0,12	0,098	0,076	0,062	0,044
30	0,085	0,064	0,061	0,052	0,041
40	0,064	0,058	0,049	0,043	0,036
50	0,050	0,046	0,041	0,036	0,032
60	0,042	0,038	0,035	0,031	0,028

1	2	3	4	5	6
70	0,035	0,032	0,030	0,027	0,025
80	0,030	0,028	0,026	0,024	0,022
90	0,027	0,025	0,023	0,021	0,020
100	0,024	0,022	0,021	0,019	0,018
150	0,015	0,014	0,015	0,013	0,012
200	0,010	0,010	0,0097	0,0097	0,0095
Південно-західні схили Карпат					
0	0,16	0,12	0,095	0,080	0,070
1	0,14	0,10	0,080	0,060	0,050
5	0,12	0,082	0,068	0,044	0,039
10	0,089	0,064	0,053	0,037	0,034
20	0,052	0,043	0,036	0,028	0,026
30	0,037	0,033	0,029	0,024	0,023
40	0,029	0,027	0,024	0,021	0,020
50	0,024	0,023	0,021	0,019	0,018
60	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017
70	0,019	0,018	0,017	0,016	0,016
80	0,017	0,017	0,016	0,015	0,015
90	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014
100	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014
150	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
200	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
250	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Таблиця Д 3 Максимальні добові шари опадів ( $H'_{1\%}$ ) за теплий період року на території Українських Карпат (до формул 2.3.5 і 2.3.8.).

Метеорологічний пункт	Число років	За період спостережень		1%-на забезпеченість
		найбільший	рік	
1	2	3	4	5
Закарпатська область				
Берегово	57	65	1913	74
Великий Березний	51	98	1903	89
Міжгір'я	50	99	1913	120
Нижні Ворота	53	73	1977	83
Рахів	75	85	1970	103
Ужгород	83	75	1892	83
Хуст	78	131	1970	126
Чорноголова	44	69	1966	79
Поляна	77	74	1932	91
Свалява	71	96	1900	107
Чоп	65	88	1968	110
Довге	61	94	1901	112
Нижній Бистрий	43	75	1933, 1957	100
Іршава	58	83	1979	94
Усть-Чорна	65	97	1931	100
Ясиня	85	70	1886	78
Дубове	80	77	1968	82
Вилок	48	82	1913	90
Луги	73	115	1929	123
Кобилецька Поляна	61	84	1970	104
Великий Бичків	78	92	1933	93
Ділове	75	134	1970	144
Чернівецька область				
Чернівці АСМГ	86	87	1881	103
Сторожинець	55	110	1929	144

1	2	3	4	5
Селятин	38	96	1951	128
Івано-Франківська область				
Яремча	39	173	1969	224
Долина	63	149	1959	164
Коломия	74	108	1897	122
Дора	37	172	1969	250
Галич	37	114	1957	205
Продовження таблиці				
1	2	3	4	5
Тисів (Болехів)	64	151	1895	167
Мислівка	51	164	1969	190
Гута	36	239	1069	298
Пасічна	27	214	1969	365
Кути	45	108	1977	144
Верховина	56	106	1969	125
Устерики	51	114	1969	136
Львівська область				
Самбір	56	89	1956	108
Стрий	58	117	1884	144
Турка	62	100	1917	108
Дрогобич АМСГ	39	138	1966	165
Хирів	64	116	1966	120
Стрілки	44	112	1968	181
Сколе	47	131	1969	167
Святослав	38	172	1969	180
Матків	46	90	1900	109



ТАБЛИЦЯ Д 4 ОРДИНАТИ КРИВИХ РЕДУКЦІЇ НАЙБІЛЬШОЇ СЕРЕДНЬОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ОПАДІВ  $\overline{\psi_p(\tau)}$   
(ДО ФОРМУЛИ 2.3.8) [13]

Крива	Забезпече-ність Р%	Ординати кривих, які відповідають різним інтервалам часу (розрахункова тривалість опадів) $\tau$ хв										
		5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440	2280
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Передкарпаття												
$\overline{\psi_p(\tau)}$	1	0,0392	0,0298	0,0205	0,0130	0,0095	0,00689	0,00480	0,00267	0,0125	0,000743	0,000472
	5	0,0386	0,0293	0,0204	0,0128	0,0093	0,00685	0,00477	0,00262	0,00124	0,000720	0,000447
	25	0,0376	0,0286	0,0201	0,0128	0,0091	0,00678	0,00451	0,00253	0,00121	0,000715	0,000431
	40	0,0366	0,0284	0,0200	0,0127	0,0090	0,00667	0,00444	0,00244	0,00121	0,000709	0,000424
	70	0,0344	0,0277	0,0193	0,0123	0,0089	0,00638	0,00419	0,00234	0,00119	0,000708	0,000423
Північно-східні схили Карпат												
$\overline{\psi_p(\tau)}$	1	0,0308	0,0223	0,0169	0,0102	0,0079	0,00593	0,0400	0,00225	0,00112	0,000678	0,000406
	5	0,0340	0,0256	0,0188	0,0116	0,0090	0,00659	0,00433	0,00250	0,00123	0,000755	0,000451
	15	0,0350	0,0275	0,0192	0,0121	0,0090	0,00667	0,00439	0,00250	0,00123	0,000781	0,000458
	40	0,0350	0,0276	0,0192	0,0121	0,0090	0,00667	0,00439	0,00258	0,00123	0,000781	0,000458
Продовження таблиці 4												
Південно-західні Карпати												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\overline{\psi_p(\tau)}$	1	0,0490	0,0363	0,0234	0,0133	0,0102	0,00722	0,00467	0,00258	0,00120	0,000738	0,000452
	5	0,0440	0,0333	0,0224	0,0130	0,0099	0,00690	0,00438	0,00238	0,00115	0,000720	0,000417
	25	0,0376	0,0300	0,0207	0,0125	0,0092	0,00656	0,00420	0,00237	0,00114	0,000703	0,000409
	40	0,360	0,0284	0,0196	0,0121	0,0088	0,00641	0,00412	0,00236	0,00113	0,000706	0,000404
	70	0,0338	0,0260	0,0183	0,0111	0,0082	0,00610	0,00407	0,00228	0,00112	0,000704	0,000404
Південно-східні Карпати												
$\overline{\psi_p(\tau)}$	1	0,0376	0,0295	0,0206	0,0141	0,0101	0,00695	0,00450	0,00246	0,00122	0,000781	0,000477
	5	0,0368	0,0286	0,0200	0,0130	0,0098	0,00667	0,00433	0,00234	0,00117	0,00744	0,000462
	25	0,0368	0,0276	0,0190	0,0120	0,0089	0,00633	0,00417	0,00234	0,00117	0,000736	0,000458
	40	0,0364	0,0275	0,0187	0,0118	0,0085	0,00618	0,00412	0,00234	0,00117	0,000732	0,000455
	60	0,0350	0,0260	0,0175	0,0111	0,0082	0,00589	0,00400	0,00229	0,00115	0,000729	0,000422

Закарпатська низина												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\overline{\psi_p(\tau)}$	1	0,0437	0,0322	0,0206	0,0125	0,0093	0,00680	0,00459	0,00241	0,00114	0,000732	0,000462
	5	0,0406	0,0314	0,0205	0,0125	0,0092	0,00674	0,00442	0,00238	0,00111	0,000724	0,000433
	20	0,0396	0,0310	0,0205	0,0123	0,0087	0,00641	0,00424	0,00235	0,00111	0,000722	0,000431
	45	0,0366	0,0288	0,0191	0,0115	0,0083	0,00591	0,00387	0,00225	0,00111	0,000711	0,000428
	60	0,0332	0,0266	0,0183	0,0111	0,0080	0,00582	0,00382	0,00222	0,00108	0,000694	0,000427

Примітка:  $\overline{\psi_p(\tau)} = i \tau_p / N_{\text{доб,р}}$  – крива зменшення середньої інтенсивності опадів із збільшенням тривалості часу  $\tau$ .

Таблиця Д 5    Значення коефіцієнта діючого шару стоку  $\varphi$   
(до формули 2.3.15)

$\frac{\tau_p}{T_0}$	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
П р и к а р п а т т я										
0,0	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
0,1	0,20	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36
0,2	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52
0,3	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66
0,4	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
0,5	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83
0,6	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,88
0,7	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94
0,8	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97
0,9	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00
1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
З а к а р п а т т я										
0,0	0,00	0,023	0,046	0,069	0,093	0,115	0,138	0,161	0,184	0,207
0,1	0,23	0,250	0,269	0,289	0,308	0,328	0,347	0,367	0,386	0,406
0,2	0,425	0,439	0,454	0,468	0,483	0,497	0,511	0,526	0,540	0,555
0,3	0,570	0,580	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66
0,4	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,73	0,74	0,75
0,5	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81	0,81
0,6	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87
0,7	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93
0,8	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96
0,9	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00

# ДОДАТОК Е

## ОСНОВНІ РУСЛОВІ І ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКУ ЗАВИСЛИХ НАНОСІВ

Таблиця Е 1 Основні руслові і гідравлічні характеристики річок Українських Карпат

Річка - пункт	$d_{\text{ср.зв.}}$ мм	$D_{\text{ср.зв.}}$ мм	$S_0$	$I$	$n$	$h_{\text{р.ф.}}$ м	$V_{\text{дин.р.}}$ м/с	$Q_{\text{р.ф.}}$ м <sup>3</sup> /с	$P\%$	$F_r$	$\frac{V_{95\%}}{V_{\text{дин.р.}}}$	$Q_{\text{макс.}}$ $\frac{\text{м}^3 / \text{с}}{\text{рік}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тиса – Рахів	110	210	0,40	0,0055	0,035	2,4	3,6	460	5	0,65	0,54	749/1998
Тиса – Вілок	45	75	0,45	0,0009	0,03	4,4	3,0	1540	30	0,21	0,33	3650/1970
Чорна Тиса – Ясиня	70	145	0,35	0,006	0,034	1,4	3,0	120	10	0,44	0,66	2040/1969
Біла Тиса – Луги	150	390	0,25	0,010	0,038	2,1	4,4	160	2	0,90	0,31	285/1970
Біла Тиса – Росток	95	220	0,30	0,008	0,035	2,3	3,8	200	5	0,60	0,51	-
Шопурка – Кобилянська Поляна	100	250	0,35	0,008	0,035	2,0	3,5	175	7	0,62	0,40	-
Тересва – Усть-Чорна	185	380	0,35	0,009	0,038	2,5	4,4	320	3	0,80	0,42	560/1998
Тересва – Дубове	110	220	0,35	0,009	0,036	3,0	3,6	425	4	0,44	0,35	-
Тересва – Нересниця	100	210	0,33	0,005	0,033	3,0	3,0	470	5	0,42	0,39	840/1962
Теребля – Колочава	185	380	0,35	0,007	0,035	3,1	4,5	500	2	0,76	0,40	407/1998
Ріка – Верхній Бистрий	100	160	0,4	0,01	0,033	0,9	2,5	90	10	0,86	0,58	142/1957
Ріка – Міжгір'я	100	200	0,35	0,005	0,035	2,3	3,7	400	5	0,81	0,54	722/1955
Ріка – Хуст	40	100	0,30	0,008	0,03	1,9	2,8	550	10	0,43	0,50	100/1947

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Іршава – Іршава	85	125	0,50	0,003	0,033	2,5	3,3	280	10	0,4	0,25	-
Латориця – Підполоззя	110	300	0,22	0,008	0,035	2,2	4,0	450	2	0,86	0,50	537/1957
Латориця – Мукачів	65	180	0,25	0,003	0,033	3,4	3,8	1200	5	0,44	0,26	1630/1980
Уж – Жорнава	90	250	0,25	0,005	0,035	2,8	4,0	380	2	0,61	0,25	284/1957
Усть – Зарічове	50	120	0,30	0,0025	0,030	3,0	3,3	500	10	0,36	0,40	1210/1957
Сирет – Лопушне	60	110	0,35	0,0035	0,030	2,0	3,0	200	10	0,48	0,50	-
Сирет – Сторожинець	25	50	0,35	0,0015	0,026	2,0	2,3	150	35	0,28	0,30	816/1969
Малий Сирет – Верхні Петрівці	25	60	0,30	0,002	0,28	1,8	2,4	80	25	0,33	0,24	-
Прут – Кременці	160	330	0,35	0,085	0,035	2,0	4,0	260	10	0,77	0,43	517/1969
Прут – Чернівці	25	50	0,35	0,0009	0,027	3,2	2,5	1400	30	0,20	0,60	5200/1969
Каменка – Дора	90	160	0,40	0,018	0,033	0,6	2,5	5	5	1,40	0,40	53,2/1969
Черемош – Яблуниця	120	230	0,42	0,006	0,034	2,0	3,5	480	5	0,70	0,46	393/1979
Черемош – Верховина	100	220	0,35	0,004	0,035	2,3	3,5	300	7	0,60	0,34	857/1969
Черемош – Устерики	115	240	0,35	0,005	0,035	3,0	4,0	750	10	0,57	0,40	1080/1974
Дністер – Стрілки	75	200	0,27	0,045	0,034	2,5	3,7	340	7	0,56	0,30	486/1969
Дністер – Галич	35	60	0,42	0,001	0,028	3,5	2,9	1500	30	0,20	0,62	3760/1998
Тисьмениця – Дрогобич	15	45	0,22	0,002	0,026	1,4	2,0	180	25	0,32	0,20	361/1966
Стрий – Матків	50	140	0,25	0,006	0,032	1,4	2,8	120	5	0,68	0,47	133/1998
Стрий – Венхне Синєвидне	55	120	0,33	0,004	0,032	1,8	30	750	30	0,53	0,56	2610/1969
Опір – Сколе	130	275	0,34	0,060	0,036	2,5	4,1	400	10	0,70	0,41	960/1969
Свіча – Мислівка	180	280	0,45	0,010	0,037	1,5	3,7	200	10	0,95	0,40	450/1969

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Свіча – Зарічне	40	80	0,35	0,015	0,030	3,1	2,9	1000	20	0,28	0,41	1970/69,74
Лужанка – Гошів	125	270	0,33	0,055	0,036	2,8	4,2	280	10	0,65	0,25	300/1974
Лімниця – Осмолода	210	370	0,42	0,010	0,035	2,0	4,3	220	3	0,95	0,35	178/1969
Лімниця – Перевозець	50	100	0,35	0,0015	0,033	3,5	3,4	1050	20	0,27	0,22	1960/1998
Чечва – Спас	130	240	0,40	0,0058	0,035	2,4	4,0	300	10	0,68	0,35	457/1974
Луква - Боднарів	55	100	0,40	0,0045	0,034	1,5	2,8	80	25	0,55	0,36	317/1969
Бистриця – Ямниця	50	80	0,45	0,002	0,031	2,4	2,8	800	25	0,34	0,50	-
Бистриця-Надвірнянська – Пасічне	120	230	0,40	0,009	0,036	1,6	3,4	280	20	0,85	0,58	577/1969
Бистриця-Солотвинська – Гута	165	340	0,35	0,01	0,038	1,6	4,0	230	15	0,90	0,38	400/1980

Таблиця Е 2 Каламутність води та характеристики стоку завислих наносів

Річка - пункт	Площа басейну, км <sup>2</sup>	Витрата води, м <sup>3</sup> /с	Витрата наносів, кг/с	Каламутність, г/м <sup>3</sup>	Модуль твердого стоку, т/рік км <sup>2</sup>
Тиса -Рахів	1070	25,2	3,65	145	108
Тиса-Вилок	9140	208	25,6	123	88
Теребля-Колочава	369	14,8	1,86	126	159
Ріка-Мыжгыр'я	550	14,0	4,04	289	232
Пилипець-Пилипець	44,2	1,53	0,23	149	164
Боржава-Шаланки	1100	20,5	2,22	109	64
Латориця-Підполоззя	324	9,85	1,51	153	147
Латориця-Мукачеве	1360	26,4	7,83	296	182
Веча-Неліпине	241	7,07	2,42	342	317
Уж-Жорнава	286	7,00	1,65	236	182
Уж-Зарічеве	1280	21,5	7,54	349	186
Уж-Ужгород	1970	28,9	8,36	289	134
Тур'я-Сімер	464	9,54	0,98	103	67
Сірет-Сторожинець	672	6,70	2,01	301	94
Прут-Ворохта	48,3	1,86	0,054	29	35
Прут-Татарів	366	7,83	1,94	247	167
Прут-Яремча	597	12,6	4,13	326	218
Прут-Чернівці	6890	68,6	43,1	629	197
Кам'янка-Дора	18,1	0,35	0,12	354	209
Черемош-Устеріки	1500	29,2	4,62	158	97
Дністер-Стрілки	384	5,33	1,27	239	104
Дністер-Самбір	850	11,4	4,20	370	156
Дністер-Розділ	5700	46,9	10,3	220	57
Дністер-Журавне	9910	93,5	21,5	230	68
Дністер-Галич	14700	159	33,0	207	71
Дністер-Заліщики	24600	220	85,7	390	110
Дністер-Могилів-Подільський	43000	282	92,6	328	68
Бістриця-Озимина	206	2,48	0,95	382	145
Щирець-Щирець	307	1,55	0,098	63	10
Стрий-Завадівка	740	16,0	4,49	281	191
Стрий-Верхне Синьовидне	2400	44,3	11,3	255	149
Опір-Сколе	733	14,3	2,29	161	99
Головчанка-Тухля	130	3,05	0,43	142	104
Орава-Святослав	204	3,37	0,37	110	57
Свіча-Зарічне	1280	23,7	4,99	211	123
Лужанка-Гошів	146	2,52	0,46	183	99
Сукіль-Тисів	138	3,19	0,47	146	107
Лімниця-Перевозець	1490	23,7	2,43	103	51
Бистриця-Надвірнянська-Пасічна	482	10,8	1,80	166	118





## ДОДАТОК Є

ЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ  $\Phi_x(H)$  ДЛЯ РУСЕЛ З ПРЯМИМ ПОХИЛОМ ДНА

$(I_0 > 0)$

$\eta$	$\Phi(h)$	$\eta$	$\Phi(h)$	$\eta$	$\Phi(h)$	$\eta$	$\Phi(h)$	$\eta$	$\Phi(h)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При гідрравлічному показникові $x=2$									
0	0	0,78	1,045	0,99	2,646	1,23	1,136	1,65	0,703
0,05	0,05	0,79	1,071	0,995	3	1024	1,117	1,70	0,675
0,1	0,1	0,8	1,098	1	$\infty$	1,25	1,098	1,75	0,65
0,15	0,151	0,81	1,127	1,005	2,997	1,26	1,081	1,80	0,626
0,2	0,203	0,82	1,156	1,01	2,652	1,27	1,065	1,85	0,605
0,25	0,309	0,83	1,118	1,015	2,415	1,28	1,049	1,90	0,585
0,3	0,309	0,84	1,221	1,02	2,307	1,29	1,033	1,95	0,566
0,35	0,365	0,85	1,256	1,025	2,197	1,3	1,018	2,0	0,549
0,4	0,424	0,86	1,293	1,03	2,117	1,31	1,004	2,1	0,518
0,45	0,485	0,87	1,333	1,035	2,031	1,32	0,99	2,2	0,49
0,5	0,549	0,88	1,375	1,04	1,966	1,33	0,977	2,3	0,466
0,55	0,619	0,89	1,421	1,045	1,908	1,34	0,964	2,4	0,444
0,6	0,693	0,9	1,472	1,05	1,857	1,35	0,952	2,5	0,424
0,61	0,709	0,905	1,499	1,06	1,768	1,36	0,94	2,6	0,405
0,62	0,727	0,91	1,527	1,07	1,693	1,37	0,928	2,7	0,389
0,63	0,741	0,915	1,557	1,08	1,629	1,38	0,917	2,8	0,374
0,64	0,758	0,92	1,589	1,09	1,573	1,39	0,906	2,9	0,36
0,65	0,775	0,925	1,622	1,1	1,522	1,4	0,896	3	0,346
0,66	0,792	0,93	1,658	1,11	1,477	1,41	0,886	3,5	0,294
0,67	0,81	0,935	1,696	1,12	1,436	1,42	0,876	4	0,255
0,68	0,829	0,94	1,738	1,13	1,398	1,43	0,866	4,5	0,226
0,69	0,848	0,945	1,782	1,14	1,363	1,44	0,856	5	0,203
0,7	0,867	0,95	1,831	1,15	1,331	1,45	0,847	6	0,168
0,71	0,887	0,955	1,885	1,16	1,301	1,46	0,838	8	0,126
0,72	0,907	0,96	1,945	1,17	1,273	1,47	0,829	10,6	0,1
0,73	0,928	0,965	2,013	1,18	1,247	1,48	0,821		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,74	0,960	0,97	2,092	1,19	1,222	1,49	0,813		
0,75	0,972	0,975	2,184	1,2	1,199	1,5	0,806		
0,76	0,996	0,98	2,297	1,21	1,177	1,55	0,767		
0,77	1,02	0,985	2,442	1,22	1,156	1,6	0,733		
При гідравлічному показникові $x = 2,5$									
0	0	0,25	0,252	0,5	0,527	0,63	0,699	0,68	0,776
0,05	0,05	0,3	0,204	0,55	0,59	0,64	0,714	0,69	0,792
0,1	0,10	0,35	0,357	0,6	0,657	0,65	0,729	0,7	0,809
0,15	0,15	0,4	0,411	0,61	0,671	0,66	0,744	0,71	0,826
0,2	0,201	0,45	0,468	0,62	0,685	0,67	0,760	0,72	0,844
0,73	0,862	0,94	1,534	1,08	1,053	1,33	0,551	1,9	0,276
0,74	0,881	0,945	1,57	1,09	1,009	1,34	0,542	1,95	0,264
0,75	0,90	0,95	1,61	1,1	0,969	1,35	0,533	2	0,263
0,76	0,92	0,955	1,654	1,11	0,933	1,36	0,524	2,1	0,233
0,77	0,94	0,96	1,702	1,12	0,901	1,37	0,516	2,2	0,216
0,78	0,951	0,965	1,758	1,13	0,872	1,38	0,508	2,3	0,201
0,79	0,983	0,97	1,82	1,14	0,846	1,39	0,5	2,4	0,188
0,8	1,006	0,975	1,895	1,15	0,821	1,4	0,492	2,5	0,176
0,81	1,03	0,98	1,985	1,16	0,798	1,41	0,484	2,6	0,165
0,82	1,055	0,985	2,1	1,17	0,776	1,42	0,477	2,7	0,155
0,83	1,081	0,99	2,264	1,18	0,756	1,43	0,47	2,8	0,146
0,84	1,109	0,995	2,544	1,19	0,737	1,44	0,463	2,9	0,138
0,85	1,138	1	$\infty$	1,2	0,719	1,45	0,456	3	0,131
0,86	1,939	1,005	2,139	1,21	0,702	1,46	0,45	3,5	0,103
0,87	1,202	1,01	1,865	1,22	0,686	1,47	0,444	4	0,084
0,88	1,237	1,015	1,704	1,23	0,671	1,48	0,438	4,5	0,07
0,89	1,275	1,02	1,591	1,24	0,657	1,49	0,432	5	0,06
0,9	1,316	1,025	1,504	1,25	0,643	1,5	0,426	6	0,046
0,905	1,339	1,03	1,432	1,26	0,63	1,55	0,399	8	0,029
0,91	1,362	1,035	1,372	1,27	0,618	1,60	0,376	10	0,021
0,915	1,386	1,04	1,32	1,28	0,606	1,65	0,355		
0,92	1,412	1,045	1,274	1,29	0,594	1,7	0,336		
0,925	1,44	1,05	1,234	1,3	0,582	1,75	0,318		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,93	1,459	1,06	1,164	1,31	0,571	1,8	0,303		
0,935	1,500	1,07	1,105	1,32	0,561	1,85	0,289		
При гідравлічному показникові $x = 3$									
0	0	0,63	0,676	0,78	0,911	0,915	1,278	0,99	2,019
0,05	0,05	0,64	0,689	0,79	0,93	0,92	1,3	0,995	2,25
0,1	0,10	0,65	0,703	0,8	0,95	0,925	1,323	1	$\infty$
0,15	0,15	0,66	0,717	0,81	0,971	0,93	1,348	1,005	1,647
0,2	0,20	0,67	0,731	0,82	0,993	0,935	1,374	1,01	1,419
0,25	0,251	0,68	0,746	0,83	1,016	0,94	1,403	1,015	1,291
0,3	0,302	0,69	0,761	0,84	1,04	0,945	1,434	1,02	1,193
0,35	0,354	0,7	0,776	0,85	1,065	0,95	1,467	1,025	1,119
0,4	0,407	0,71	0,791	0,86	1,092	0,955	1,504	1,03	1,061
0,45	0,461	0,72	0,807	0,87	1,12	0,96	1,545	1,035	1,01
0,5	0,517	0,71	0,823	0,88	1,151	0,965	1,592	1,04	0,967
0,55	0,575	0,74	0,84	0,89	1,183	0,97	1,645	1,045	0,929
0,6	0,637	0,75	0,857	0,9	1,218	0,975	1,708	1,05	0,896
0,61	0,65	0,76	0,874	0,905	1,237	0,98	1,784	1,06	0,838
0,62	0,663	0,77	0,892	0,91	1,257	0,985	1,882	1,07	0,79
1,08	0,749	1,22	0,454	1,36	0,328	1,5	0,255	2,4	0,090
1,09	0,713	1,23	0,442	1,37	0,322	1,55	0,235	2,5	0,082
1,1	0,68	1,24	0,431	1,38	0,316	1,6	0,218	2,6	0,076
1,11	0,652	1,25	0,42	1,39	0,31	1,65	0,203	2,7	0,07
1,12	0,626	1,26	0,41	1,40	0,304	1,7	0,189	2,08	0,065
1,13	0,602	1,27	0,4	1,41	0,298	1,75	0,177	2,9	0,06
1,14	0,581	1,28	0,391	1,42	0,293	1,8	0,166	3	0,056
1,15	0,561	1,29	0,382	1,43	0,288	1,85	0,156	3,5	0,041
1,16	0,542	1,3	0,373	1,44	0,283	1,9	0,147	4	0,031
1,17	0,525	1,31	0,365	1,45	0,278	1,95	0,139	4,5	0,025
1,18	0,51	1,32	0,367	1,46	0,273	2	0,132	5	0,02
1,19	0,495	1,33	0,349	1,47	0,268	2,1	0,119	6	0,014
1,2	0,48	1,34	0,341	1,48	0,263	2,2	0,108	8	0,009
1,21	0,467	1,35	0,334	1,49	0,259	2,3	0,098	10	0,005

При гідравлічному показникові $x = 3,5$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,78	0,877	0,99	1,844	1,23	0,31	1,65	0,124
0,05	0,05	0,79	0,895	0,995	2,043	1,24	0,301	1,7	0,114
0,1	0,10	0,8	0,913	1	$\infty$	1,25	0,292	1,75	0,105
0,15	0,15	0,81	0,932	1,005	1,329	1,26	0,284	1,8	0,097
0,2	0,2	0,82	0,952	1,01	1,138	1,27	0,276	1,85	0,09
0,25	0,25	0,83	0,972	1,015	1,022	1,28	0,269	1,9	0,084
0,3	0,301	0,84	0,993	1,02	0,94	1,29	0,262	1,95	0,079
0,35	0,362	0,85	1,016	1,025	0,879	1,3	0,255	2	0,074
0,4	0,404	0,86	1,039	1,03	0,827	1,31	0,248	2,1	0,065
0,45	0,456	0,87	1,064	1,035	0,785	1,32	0,242	2,2	0,057
0,5	0,51	0,88	1,091	1,04	0,748	1,33	0,236	2,3	0,051
0,55	0,566	0,89	1,12	1,045	0,716	1,34	0,23	2,4	0,046
0,6	0,625	0,9	1,151	1,05	0,688	1,35	0,225	2,5	0,041
0,61	0,637	0,905	1,168	1,06	0,639	1,36	0,219	2,6	0,037
0,62	0,649	0,91	1,185	1,07	0,599	1,37	0,214	2,7	0,034
0,63	0,661	0,915	1,204	1,08	0,564	1,38	0,209	2,8	0,031
0,64	0,674	0,92	1,223	1,09	0,534	1,39	0,205	2,9	0,028
0,65	0,687	0,925	1,243	1,1	0,507	1,4	0,2	3	0,026
0,66	0,7	0,93	1,265	1,11	0,483	1,41	0,196	3,5	0,018
0,67	0,713	0,935	1,288	1,12	0,461	1,42	0,192	4	0,012
0,68	0,726	0,94	1,313	1,13	0,442	1,43	0,188	4,5	0,009
0,69	0,74	0,945	1,339	1,14	0,424	1,44	0,184	5	0,007
0,7	0,754	0,95	1,368	1,15	0,407	1,45	0,18	6	0,004
0,71	0,768	0,955	1,4	1,16	0,391	1,46	0,176	8	0,002
0,72	0,782	0,96	1,436	1,17	0,377	1,47	0,173	10	0,001
0,73	0,797	0,965	1,476	1,18	0,364	1,48	0,169		
0,74	0,812	0,97	1,522	1,19	0,352	1,49	0,166		
0,75	0,828	0,975	1,576	1,2	0,341	1,5	0,163		
0,76	0,844	0,98	1,642	1,21	0,33	1,55	0,148		
0,77	0,86	0,985	1,726	1,22	0,32	1,6	0,135		

При гідравлічному показникові $x = 4$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,78	0,854	0,99	1,714	1,23	0,227	1,65	0,079
0,05	0,05	0,79	0,87	0,995	1,889	1,24	0,219	1,7	0,072
0,1	0,10	0,8	0,887	1,00	$\infty$	1,25	0,212	1,75	0,066
0,15	0,15	0,81	0,904	1,005	1,107	1,26	0,205	1,8	0,06
0,2	0,2	0,82	0,922	1,01	0,936	1,27	0,199	1,85	0,055
0,25	0,25	0,83	0,94	1,015	0,836	1,28	0,193	1,9	0,05
0,3	0,3	0,84	0,96	1,02	0,766	1,29	0,187	1,95	0,146
0,35	0,351	0,85	0,98	1,025	0,712	1,3	0,182	2	0,043
0,4	0,402	0,86	1,002	1,03	0,668	1,31	0,175	2,1	0,037
0,45	0,454	0,87	1,025	1,035	0,632	1,32	0,171	2,2	0,032
0,5	0,507	0,88	1,049	1,04	0,6	1,33	0,167	2,3	0,0279
0,55	0,561	0,89	1,075	1,045	0,572	1,34	0,162	2,4	0,0245
0,6	0,617	0,9	1,103	1,05	0,548	1,35	0,158	2,5	0,0216
0,61	0,628	0,905	1,118	1,06	0,506	1,36	0,153	2,6	0,0192
0,62	0,64	0,91	1,134	1,07	0,471	1,37	0,149	2,7	0,0171
0,63	0,652	0,915	1,15	1,08	0,441	1,38	0,145	2,8	0,0153
0,64	0,664	0,92	1,167	1,09	0,415	1,39	0,142	2,9	0,0137
0,65	0,678	0,925	1,185	1,1	0,392	1,4	0,138	3	0,0123
0,66	0,688	0,93	1,204	1,11	0,372	1,41	0,135	3,5	0,0077
0,67	0,7	0,935	1,225	1,12	0,354	1,42	0,131	4	0,0052
0,68	0,713	0,94	1,247	1,13	0,337	1,43	0,128	4,5	0,0037
0,69	0,726	0,945	1,271	1,14	0,322	1,44	0,125	5	0,0027
0,7	0,739	0,95	1,297	1,15	0,308	1,45	0,122	6	0,0015
0,71	0,752	0,955	1,325	1,16	0,295	1,46	0,119	8	0,0007
0,72	0,766	0,96	1,356	1,17	0,283	1,47	0,116	10	0,0003
0,73	0,78	0,965	1,391	1,18	0,272	1,48	0,113		
0,74	0,794	0,97	1,431	1,19	0,262	1,49	0,111		
0,75	0,808	0,975	1,479	1,2	0,252	1,5	0,109		
0,76	0,823	0,98	1,537	1,21	0,243	1,55	0,097		
0,77	0,838	0,985	1,611	1,22	0,235	1,60	0,087		

При гідравлічному показникові $x = 4,5$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,25	0,25	0,5	0,504	0,63	0,645	0,68	0,704
0,05	0,05	0,3	0,3	0,55	0,556	0,64	0,657	0,69	0,716
0,1	0,10	0,35	0,35	0,6	0,611	0,65	0,668	0,7	0,728
0,15	0,15	0,4	0,401	0,61	0,622	0,66	0,680	0,71	0,741
0,2	0,2	0,45	0,452	0,62	0,634	0,67	0,692	0,72	0,754
0,73	0,767	0,94	1,197	1,08	0,355	1,33	0,121	1,9	0,031
0,74	0,78	0,945	1,218	1,09	0,332	1,34	0,117	1,95	0,023
0,75	0,794	0,95	1,241	1,1	0,312	1,35	0,113	2	0,026
0,76	0,803	0,955	1,67	1,11	0,294	1,36	0,11	2,1	0,0217
0,77	0,822	0,96	1,295	1,12	0,279	1,37	0,107	2,2	0,0184
0,78	0,837	0,965	1,327	1,13	0,265	1,38	0,104	2,3	0,0157
0,79	0,852	0,97	1,363	1,14	0,252	1,39	0,101	2,4	0,0135
0,8	0,867	0,975	1,405	1,15	0,24	1,4	0,098	2,5	0,0117
0,81	0,883	0,98	1,457	1,16	0,229	1,41	0,095	2,6	0,0102
0,82	0,9	0,985	1,523	1,17	0,218	1,42	0,092	2,7	0,0089
0,83	0,917	0,99	1,615	1,18	0,209	1,43	0,09	2,8	0,0078
0,84	0,935	0,995	1,771	1,19	0,2	1,44	0,87	2,9	0,0069
0,85	0,954	1	$\infty$	1,2	0,192	1,45	0,085	3	0,0061
0,86	0,974	1,005	0,954	1,21	0,185	1,46	0,083	3,5	0,0036
0,87	0,995	1,01	0,792	1,22	0,178	1,47	0,081	4	0,0022
0,88	1,017	1,015	0,703	1,23	0,171	1,48	0,079	4,5	0,0015
0,89	1,04	1,02	0,641	1,24	0,164	1,49	0,077	5	0,001
0,9	1,066	1,025	0,594	1,25	0,158	1,5	0,075	6	0,0005
0,905	1,08	1,03	0,555	1,26	0,153	1,55	0,066	8	0,0002
0,91	1,094	1,035	0,522	1,27	0,147	1,6	0,058	10	0,0001
0,915	1,109	1,04	0,495	1,28	0,142	1,65	0,052		
0,92	1,124	1,045	0,47	1,29	0,137	1,7	0,047		
0,925	1,141	1,05	0,448	1,3	0,133	1,75	0,042		
0,93	1,158	1,06	0,411	1,31	0,129	1,8	0,038		
0,935	1,177	1,07	0,381	1,32	0,125	1,85	0,034		

При гідравлічному показникові $x = 5$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,5	0,503	0,68	0,694	0,78	0,825	0,88	0,994
0,05	0,05	0,55	0,555	0,69	0,71	0,79	0,839	0,89	1,016
0,1	0,10	0,6	0,608	0,7	0,722	0,8	0,854	0,9	1,039
0,15	0,15	0,61	0,619	0,71	0,734	0,81	0,869	0,905	1,052
0,2	0,20	0,62	0,63	0,72	0,746	0,82	0,885	0,91	1,065
0,25	0,25	0,67	0,641	0,73	0,759	0,83	0,901	0,915	1,079
0,3	0,3	0,64	0,652	0,74	0,772	0,84	0,918	0,92	1,093
0,35	0,35	0,65	0,664	0,75	0,785	0,85	0,936	0,925	1,108
0,4	0,401	0,66	0,675	0,76	0,798	0,85	0,954	0,93	1,124
0,45	0,452	0,63	0,687	0,77	0,811	0,87	0,973	0,935	1,141
0,94	1,159	1,035	0,44	1,21	0,144	1,4	0,071	1,95	0,0175
0,945	1,179	1,04	0,415	1,22	0,138	1,41	0,069	2	0,0158
0,950	1,20	1,045	0,393	1,23	0,132	1,42	0,067	2,1	0,013
0,955	1,223	1,05	0,374	1,24	0,127	1,43	0,065	2,2	0,0108
0,96	1,248	1,06	0,342	1,25	0,122	1,44	0,063	2,3	0,009
0,965	1,277	1,07	0,315	1,26	0,117	1,45	0,061	2,4	0,0076
0,97	1,31	1,08	0,291	1,27	0,113	1,46	0,059	2,5	0,0064
0,975	1,349	1,09	0,272	1,28	0,108	1,47	0,057	2,6	0,0055
0,98	1,395	1,1	0,254	1,29	0,104	1,48	0,056	2,7	0,0047
0,985	1,456	1,11	0,239	1,3	0,1	1,49	0,054	2,8	0,0041
0,99	1,539	1,12	0,225	1,31	0,097	1,5	0,053	2,9	0,0035
0,995	1,68	1,13	0,212	1,32	0,094	1,55	0,046	3	0,0031
1	$\infty$	1,14	0,201	1,33	0,09	1,6	0,04	3,5	0,0016
1,005	0,826	1,15	0,191	1,34	0,087	1,65	0,035	4	0,001
1,01	0,681	1,16	0,181	1,35	0,084	1,7	0,0309	4,5	0,0006
1,015	0,602	1,17	0,173	1,36	0,081	1,75	0,0274	5	0,0004
1,02	0,547	1,18	0,165	1,37	0,079	1,8	0,0244	6	0,0002
1,025	0,504	1,19	0,157	1,38	0,076	1,85	0,0218	8	0,0001
1,03	0,469	1,2	0,15	1,39	0,074	1,9	0,0195	10	0

## ДОДАТОК Ж

### ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОГО ТАЛОГО І ТАЛО-ДОЩОВОГО СТОКУ ЗА ВІДСУТНОСТІ МАТЕРІАЛІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

1 Весняна повінь і паводки змішаного походження.

Розрахунки максимального стоку весняної повені і паводків змішаного походження виконуються за формулою СНиП 2.01.14-83 (п.2.2.1) і регіональною формулою В.І. Мокляка (п. 2.2.2). Параметри формул визначаються по матеріалам сусідніх водпостів і річок-аналогів (табл. Г 1 додатку), а за їх відсутності, по картах ізоліній і районованих значень, приведених у табличній формі.

ПРИКЛАД 1. Визначити максимальні витрати весняної повені 0,1%, 1% і 5% забезпеченості р. Тересва у створі с. Красне за формулою СНиП.

Вихідні дані: площа водозбору, вирахована із графіка наростання площі водозбору по довжині річки [10] дорівнює 660 км<sup>2</sup>. Довжина річки до розрахункового створу 41 км. Зарегулювання стоку відсутнє.

Хід розрахунку:

1) Параметри  $k_0$  і  $n$  приймаємо з таблиці 2.2.1

$$k_0=0,018; n=0,17.$$

2) Значення  $h_0$  і  $c_v$  визначається з карт ізоліній приведених на рис. 2.2.1 і рис. 2.2.2. Співвідношення  $c_s/c_v$  приймаємо шляхом інтерполяції з таблиці 2.1.3  $h_0=80$  мм;  $c_v=0,55$ ;  $c_s/c_v=1,5$ .

3) Ординати кривої трьохпараметричного гама-розподілу ( $E_p$ ) визначається з таблиці Г 2 додатку. Шар стоку заданої забезпеченості ( $h_p$ ) визначається із співвідношення  $h_p=Kh_0$

P%	0,1	1	5
K	3,27	2,59	2,03
$h_{p\%}$ , мм	262	207	162

4) Перехідні коефіцієнти  $\mu$  визначаються з табл. 2.2.3

$$\mu_{0,1\%}=1,10; \quad \mu_{1\%}=1; \quad \mu_{5\%}=0,90.$$

5) Коефіцієнт  $\delta$  за відсутності зарегулювання приймається рівним 1.



б) Розрахунки максимального стоку виконуються за формулою 2.2.1

$$Q_{0,1\%} = \frac{0,018 \cdot 262 \cdot 1,1}{(660 + 1)^{0,17}} 660 \cdot 1 = 1134 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{1\%} = \frac{0,018 \cdot 207 \cdot 1}{(660 + 1)^{0,17}} 660 \cdot 1 = 814 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{5\%} = \frac{0,018 \cdot 162 \cdot 0,90}{(660 + 1)^{0,17}} 660 \cdot 1 = 574 \text{ м}^3/\text{с}$$

Оскільки вище за течією від розрахункового створу розміщений водпост Усть-Чорна, а вниз за течією водпост Дубове, максимальні витрати більш точно можна визначити шляхом екстраполяції даних спостережень по цих водпостах, що приведені в таблиці Г.1

$$K_0=0,0165; \quad n_1=0,17; \quad h_0=80 \text{ мм}; \quad C_v=1,5$$

Отримані по цих даних значення максимальних витрат відповідно дорівнюють:

$$Q_{0,1\%}=1120 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{1\%}=798 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{5\%}=552 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розходження складає від 1 до 4%.

ПРИКЛАД 2. Визначити максимальну витрату весняної повені р. Тересви у створі с. Красне, забезпеченістю 0,1%; 1%; 5% за регіональною формулою В.І. Мокляка.

Вихідні дані такі ж, як і в попередньому прикладі.

Хід розрахунків:

- 1) З табл. 2.2.4, або рис.2.2.5 визначаємо значення максимальної інтенсивності водовіддачі 1% забезпеченості:

$$a_{m,1\%}=25 \text{ мм/год.}$$

- 2) За формулою 2.2.7 визначається швидкість добігання:

$$V=6 \text{ км/доб} \cdot 763^{0,33}=54 \text{ км/добу}$$

Падіння річки ( $\Delta H$ ) визначено в залежності від довжини річки і середнього похилу;

- 3) За формулою 2.2.6 визначається час добігання ( $\tau$ )

$$\tau = \frac{41 \text{ км}}{54 \text{ км / доб}} = 0,76 \text{ доби.}$$

4) Тривалість водовіддачі ( $t_c$ ) визначається з рис. 2.2.6 і дорівнює 5 діб.

5) Коли  $\tau < 1$  доби коефіцієнт редукції ( $\varphi$ ) визначається за формулою 2.2.5

$$\varphi = \frac{5}{0,92 \cdot 5 - 0,24 + (1,94 \cdot 5 + 5,95)0,76} = 0,31$$

6) Параметри  $\rho$  і  $m$  визначаються за формулами 2.2.8 і 2.2.9

$$m = 1 + 1 \frac{502}{660} = 1,76$$

$$\rho = \frac{5 + 0,76}{1,76 \cdot 5 + 0,76} = 0,60$$

Площа лісів і боліт у формулі 2.2.9 визначена з табл. Г 3 Коефіцієнт зарегулювання стоку, як і у попередньому прикладі, прийнято рівним 1.

7) Перехідні коефіцієнти  $\lambda_p$  визначаються з табл. 2.2.5.

8) Максимальна витрата розраховується за формулою 2.2.2

$$Q_{0,1\%} = 0,28 \cdot 25 \text{ мм/год} \cdot 0,31 \cdot 660 \text{ км}^2 \cdot 0,60 \cdot 1 \cdot 1,42 = 1120 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{1\%} = 0,28 \cdot 25 \text{ мм/год} \cdot 0,31 \cdot 660 \text{ км}^2 \cdot 0,60 \cdot 1 \cdot 1,1 = 859 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{5\%} = 0,28 \cdot 25 \text{ мм/год} \cdot 0,31 \cdot 660 \text{ км}^2 \cdot 0,60 \cdot 1 \cdot 0,71 = 610 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахункові параметри формули 2.2.2 для основних річок Закарпаття приведені в табл. Г 3.

Визначені з таблиці Г 3, шляхом екстраполяції, параметри для розрахункового створу відповідно дорівнюють:

$$a_m = 25,6 \text{ мм/год}; \quad \varphi = 0,31; \quad \rho = 0,61; \quad \tau = 1$$

Розраховані по цих даних значення максимальних витрат на 4% перевищують попередні:

$$Q_{0,1\%} = 1270 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{1\%} = 894 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{5\%} = 635 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## ДОДАТОК 3

### ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ

Максимальні витрати дощових паводків визначаються по формулах СНиП 2.01.14-83 і регіональних формулах, що приймаються в залежності від наявності річки-аналога, площі і висоти водозбору річки.

ПРИКЛАД 1. Визначити максимальні витрати р. Терешова у гирлі, забезпеченістю 0,1%; 1% і 5% у відповідності із СНиП 2.01.14-83 при наявності річки-аналога.

Вихідні дані: площа водозбору 110 км<sup>2</sup>; довжина річки – 28 км; похил – 30 м/км; площа лісів – 95 км<sup>2</sup>; болота і озера відсутні .

Хід розрахунку:

- 1) За даними таблиці Д 1 додатку вибираємо річку-аналог, по якій є матеріали стаціонарних спостережень.

За аналог приймаємо р. Мокрянку, що також розміщена в басейні р. Тересва і має довжину 30 км (до поста с. Руська-Мокра) і площу водозбору 214 км<sup>2</sup>.

- 2) У відповідності з п. 2.3.2 визначаємо коефіцієнти водозбору річок Терешова ( $K_{\phi}$ ) і Мокрянки ( $K_{\phi.a}$ ):

$$K_{\phi} = \frac{28}{110^{0,56}} = 2,01; \quad K_{\phi.a} = \frac{30}{214^{0,56}} = 1,49$$

Оскільки  $K_{\phi} < 1,5K_{\phi}$  і площа водозбору р. Терешова більше 100 км<sup>2</sup>, то для розрахунків приймається формула 2.1.11.

- 3) Модуль максимальної витрати річки-аналога  $q_{1\%}$  визначаємо з таблиці Д 1 додатку, розділивши  $Q_{1\%}$  на площу водозбору:

$$q_{1\%} = \frac{191 \text{ м}^3 / \text{с}}{214 \text{ км}} = 0,89 \text{ м}^3 / \text{с.км}^2$$

- 4) Оскільки зарегулювання стоку в басейнах річок відсутнє, коефіцієнти  $\sigma$ ,  $\sigma_a$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_{2a}$  приймаються рівними 1.
- 5) Коефіцієнт  $n$  приймається для річок Українських Карпат рівним 0,4.
- 6) Коефіцієнти  $\lambda_{0,1\%}$  і  $\lambda_{5\%}$  приймаються з таблиці 2.3.2 і відповідно дорівнюють 1,61 і 0,63.

7) Розрахунки проводимо за формулою 2.3.1

$$Q_{1\%} = \frac{191 \text{ м}^3 / \text{с}}{214 \text{ км}^2} \left( \frac{214 \text{ км}^2}{110 \text{ км}^2} \right)^{0,4} 110 \text{ км}^2 \cdot 1 = 128 \text{ м}^3/\text{с}.$$

8) Перемноживши значення  $Q_{1\%}$  на перехідні коефіцієнти  $\lambda_{0,1\%}$  і  $\lambda_{5\%}$  отримуємо максимальні витрати  $Q_{0,1\%}$  і  $Q_{5\%}$ , що відповідно дорівнюють  $206 \text{ м}^3/\text{с}$  і  $81 \text{ м}^3/\text{с}$ .

ПРИКЛАД 2. Визначити максимальні витрати р. Лужанка у гирлі, забезпеченістю 5% у відповідності із СНиП 2.01.14-83 при наявності річки-аналога.

Вихідні дані: площа водозбору  $150 \text{ км}^2$ ; довжина річки 34 км; похил річки 31‰; площа лісів  $110 \text{ км}^2$ ; озера і болота відсутні.

Хід розрахунку:

- 1) За даними таблиці Д 1 додатку вибираємо річку-аналог, по якій є матеріали стаціонарних спостережень.

За аналог приймаємо р. Тересва у створі с. Дубове, що має площу водозбору  $757 \text{ км}^2$ , довжину 55 км (включаючи довжину р. Мокрянка), середній похил 10,5‰.

Визначаємо коефіцієнти водозборів річок Лужанка ( $K_\Phi$ ), Тересва ( $K_{\Phi.a}$ ).

$$K_\Phi = \frac{34}{150^{0,56}} = 2,055 ; \quad K_{\Phi.a} = \frac{55}{75^{0,56}} = 1,34$$

Оскільки  $K_\Phi > 1,5 K_{\Phi.a}$ , максимальну витрату визначаємо за формулою 2.3.2.

- 2) З таблиці Д 1 визначаємо  $Q_{1\%} = 519 \text{ м}^3/\text{с}$ .

- 3) За формулою 2.3.2 визначаємо гідроморфометричні характеристики русел р. Лужанка ( $\Phi$ ) і Тересва ( $\Phi_a$ ).

Коефіцієнти  $m$  і  $m_p$  приймаємо з таблиці 2.3.1. Для обох річок вони однакові і, відповідно, дорівнюють 0,33 і 9.

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 34 \text{ км}}{9 \text{ м} / \text{хв} \cdot 31\text{‰}^{0,33} \cdot 150^{0,25} \text{ км}^2} = 348$$

$$\Phi_a = \frac{1000 \cdot 55 \text{ км}}{9 \text{ м} / \text{хв} \cdot 10,5\text{‰}^{0,33} \cdot 757^{0,25} \text{ км}^2} = 536$$

4) Коефіцієнти  $\sigma$ ,  $\sigma_a$  і  $n_1$  для річок Карпат приймаються рівними 1.

Перехідний коефіцієнт  $\lambda_p$  приймається з таблиці 2.3.2 і дорівнює 0,63 для  $P_{5\%}$ .

5) Розрахунки виконуються за формулою 2.3.2

$$Q_{5\%} = \frac{519 \text{ м}^3 / \text{с}}{757 \text{ км}^2} \cdot \left( \frac{536}{348} \right)^1 \cdot \frac{1}{1} \cdot 150 \text{ км}^2 \cdot 0,63 = 99,83 \text{ м}^3/\text{с}.$$

ПРИКЛАД 3. Визначити максимальну витрату р. Чорна Тиса в створі смт Ясиня забезпеченістю 3%, за відсутності річки-аналога.

Вихідні дані: площа водозбору 194 км<sup>2</sup>; довжина річки 22 км; похил 157‰; висота у гирлі 1000 м, абс.; озера і болота відсутні.

Хід розрахунку:

Оскільки висота водозбору річки більша 500 м, а площа перевищує 100 км<sup>2</sup>, за відсутності річок-аналогів розрахунки виконуються за формулою 2.3.4.

Хід розрахунку:

1) З карти рис. 2.3.1 визначаємо модуль максимальної витрати  $q_{200}$ , що дорівнює 2 м<sup>3</sup>/с · км<sup>2</sup>.

2) Перехідний коефіцієнт  $\lambda_p$  для  $P_{5\%}$  визначається з таблиці 2.3.2 і дорівнює 0,74 для  $P_{3\%}$ .

Всі інші параметри формули визначаються аналогічно прикладу 1.

$$Q_{3\%} = 2 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 \left( \frac{200}{194 \text{ км}^2} \right)^{0,4} \cdot 0,74 \cdot 194 \text{ км}^2 = 291 \text{ м}^3/\text{с}.$$

ПРИКЛАД 4. Визначити максимальну миттєву витрату 10% забезпеченості р.Славська, у створі смт Славське за методикою СНиП 2.01.14-83.

Вихідні дані: площа водозбору,  $F$  - 76,3 км<sup>2</sup> (дод. Б), довжина річки  $L$  - 13 км (дод. Б), середньозважений похил річки -  $J_{с.з.р.}$  - 15,9‰ (дод.Б), середня висота водозбору  $H_v$  - 860 м.абс. ( дод. В), меженна відмітка русла в створі  $H_{м.р}$  - 594 м.абс. (табл. Б ), середній похил водозбору  $J_v$  - 285‰ (дод.В).

Хід розрахунку:

1) Максимальна витрата визначається за формулою 2.3.5, яка

рекомендується для річок з площею водозбору до 100 км<sup>2</sup> [ ];

- 2) За формулою 2.3.6 визначається гідроморфологічна характеристика русла  $\Phi_p$ .

Параметри  $m$  і  $m_p$  у формулі 2.3.6 визначаються з таблиці 2.3.1

$$m = 0,33; \quad m_p = 9 \text{ мм/хв.}$$

Збірний коефіцієнт стоку  $\varphi$  визначається з таблиці 2.3.3 і дорівнює 0,7.

Максимальний добовий шар опадів  $H_{1\%}$  визначається з таблиці Д 3 додатку і дорівнює 167 мм

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 13_{\text{км}}}{9_{\text{мм/хв.}} \cdot 15 \cdot 9^{0,33} /_{00} \cdot 76 \cdot 3^{0,25} \text{ км} \cdot (0,7 \cdot 167_{\text{мм}})^{0,25}} = 59,7$$

- 3) За формулою 2.3.7 визначаємо гідроморфологічну характеристику схилів  $\Phi_{\text{сх}}$ .

Довжина схилів ( $L_{\text{сх}}$ ) визначається з крупномасштабних карт, або за формулою

$$L_{\text{сх}} = \frac{H_{\text{в}} - H_{\text{с.р}}}{\sin \alpha^0} = \frac{\Delta H}{J_{\text{сх}}}$$

$H_{\text{в}}$  - середня висота водозбору, м;

$H_{\text{с.р}}$  - середній меженний рівень води в річці (розрахований для середньої ділянки річки по довжині -  $H_{\text{с.р}} = H_{\text{м.р.}} + J_{\text{с.з}} L/2$ );

$\alpha^0$  - кут нахилу схилів, град;

$J_{\text{сх}}$  - середній похил схилів, м/м

$$L_{\text{сх}} = \frac{860 - 696}{0,285} = 575_{\text{м}}$$

Параметр  $m_{\text{сх}}$  визначається з таблиці 2.3.5

$$\Phi_{\text{сх}} = \frac{(1000 \cdot 0,575_{\text{км}})^{0,5}}{0,30 \cdot 285^{0,25} \cdot (0,7 \cdot 167)^{0,5}} = 1,8$$

- 4) Тривалість схилового добігання ( $\tau_{\text{сх}}$ ) визначається в залежності від гідроморфологічної характеристики схилів  $\Phi_{\text{сх}}$  з табл.2.3.4 і дорівнює 25 хв.

- 5) В залежності від тривалості схилового добігання і гідроморфологічної характеристики русла з таблиці Д 2 додатку визначається максимальний

модуль стоку  $q_{1\%}$  при  $\delta = 1$ , який дорівнює 0.020.

6) Перехідний коефіцієнт  $\lambda_{10\%}$  приймається з таблиці 2.3.2 і дорівнює 0,43.

7) За формулою 2.3.5 визначається максимальна миттєва витрата води забезпеченістю 10%

$$Q_{10\%} = 0,020 \cdot 0,7 \cdot 167 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 76,3 = 77,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

ПРИКЛАД 5. Визначити максимальну миттєву витрату 5% забезпеченості р.Лужанка у гирлі за регіональною методикою.

Вихідні дані приведені у прикладі 4.

Хід розрахунку:

1) Для річок Українських Карпат з площею водозбору більше  $100 \text{ км}^2$  розрахунки виконуються за регіональною формулою 2.3.14.

2) Елементарний модуль стоку 1% забезпеченості  $B_{1\%}$  визначаємо з рис. 2.3.5 і дорівнює  $20 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ .

3) Показник редукції  $n$  для Українських Карпат приймається рівним 0,5, а додаткова площа водозбору  $C = 5 \text{ км}^2$ .

4) Коефіцієнт впливу лісистості і заболоченості визначаємо з формули 2.3.10 Площа лісистості в басейні становить 65%. Болота в басейні відсутні.

$$\beta_{\text{л}} = (1 - 0,5 \cdot 0,65) \cdot 1 = 0,675$$

5) Перехідний коефіцієнт  $\lambda_{5\%}$  дорівнює 0,63 (табл.2.3.2).

$$q_{5\%} = \frac{20 \text{ м}^3 / \text{с} \cdot \text{км}^2}{(150 \text{ км}^2 + 5 \text{ км}^2)^{0,5}} \cdot 0,675 \cdot 0,63 = 0,68 \text{ м}^3 / \text{с} \cdot \text{км}^2$$

$$Q_{5\%} = 102 \text{ м}^3/\text{с}$$

За формулою 2.3.2 відповідна витрата дорівнює  $99,8 \text{ м}^3/\text{с}$  (приклад 2).

ПРИКЛАД 6. Визначити максимальну середньодобову витрату дощових паводків р.Брустурянка забезпеченістю 3% у створі с.Лопухів за методом “Львівдіпроводгосп”.

Вихідні дані: площа водозбору –  $257 \text{ км}^2$ ; довжина річки – 9,1 км; похил середньозважений – 19,8 ‰; лісистість – 77%.

Хід розрахунку:

1) Максимальний шар схилового притоку забезпеченістю 1% визначаємо

з карти (рис.2.3.6 ).

$$V_m = 240 \text{ мм}$$

2) Час руслового добігання визначаємо за формулами 2.3.19 і 2.3.20.

Параметр  $v=1,8$ , визначається з таблиці 2.3.8.

$$V = 1,8 \cdot 257^{0,32} \cdot 0,0198^{0,2} = 4,85 \text{ км/год}$$

$$t_p = \frac{9,1}{4,85} = 1,88 \text{ год}$$

3) Тривалість схилового притоку  $T_o$  приймається рівною 60 год.

Коефіцієнт діючого шару стоку визначається за формулою 2.3.16

4) Коефіцієнт редукції шару опадів по площі водозбору визначається з формули 2.3.18

$$K_F = \frac{1}{(1 + 0,00257 \cdot 258)^{0,68}} = 0,709$$

5) Коефіцієнт залісення визначається з формули 2.3.21

$$\sigma_1 = 1 - 0,25 \cdot 0,77 = 0,81$$

6) Коефіцієнти переходу від максимальних миттєвих витрат до середньодобових ( $K_n$ ) і до забезпеченості 3% ( $\lambda_p$ ) визначаються, відповідно, з таблиць 2.3.10 і 2.3.11.

7) Максимальна витрата забезпеченістю 3% визначається з формули 2.3.15

$$Q_{3\%} = 0,28 \cdot 240 \cdot 0,078 \cdot 0,709 \cdot 1 \cdot 257 \cdot 0,81 \cdot 0,58 \cdot 0,64 = 287 \text{ м}^3 / \text{с}$$



## Додаток І

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ НАНОСІВ З ДОПОМОГОЮ ФРАКЦІОМЕТРА ГР-82

Вихідні дані:

Проба наносів з максимальним діаметром 1 мм.

Температура води у фракціометрі 20°C.

Задача: Визначити відсоткове співвідношення фракцій наносів із діаметрами 1 – 0,5; 0,5 – 0,2; 0,2 – 0,1 і 0,1 – 0,05 мм.

Метод визначення фракційного складу наносів за допомогою фракціометра застосовується для аналізу проб наносів із діаметром менше 1 мм і базується на поділі часток за їх гідравлічною крупністю. Оскільки гідравлічна крупність наносів пропорційна їх масі, то між ними існують співвідношення, значення яких приведені в таблиці І 1.

Таблиця І1. Співвідношення між діаметром і гідравлічною крупністю часток наносів.

Діаметр, мм	Гідравлічна крупність, м/с	Діаметр, мм	Гідравлічна крупність, м/с
0,001	0,0000008	1,2	0,128
0,005	0,00002	1,5	0,154
0,01	0,00008	1,8	0,177
0,05	0,00195	2,0	0,192
0,1	0,0061	2,2	0,204
0,2	0,0174	2,5	0,221
0,5	0,0555	9,0	0,242
1,0	0,110		

Приведені в таблиці І 1 співвідношення отримані для води при температурі 15°C, тому для переходу до фактичної гідравлічної крупності вводяться температурні

коефіцієнти  $k_t$ , що приведені в табл. I 2.

Таблиця I 2. Коефіцієнти  $k_t$  до гідравлічної крупності в залежності від температури суспензії.

d, мм	Температура, °C					
	2,5 – 7,5	7,6 – 12,5	12,6 – 17,5	17,6 – 22,5	22,6 – 27,5	27,6 – 32,5
2,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,06	1,03	1,00	0,96	0,93	0,90
1,0	1,15	1,07	1,00	0,93	0,88	0,82
0,5	1,24	1,11	1,00	0,90	0,83	0,76
0,2	1,30	1,14	1,00	0,88	0,80	0,73
0,1	1,32	1,15	1,00	0,88	0,79	0,72
0,05	1,34	1,15	1,00	0,88	0,79	0,71

Фракціометр ГР-82 складається із скляної трубки, що звужується донизу і переходить в систему розбірних скляних і гумових трубок, які перекриваються затискачами. На відстані 50 мм від верху горловини трубки наклеєна верхня мітка, а на відстані 1400 мм від неї – нижня. Фракціометр встановлюється вертикально на дерев'яній дошці.

Перед аналізом фракціометр заповнюється водою до верхньої мітки, вище якої залишається місце для проби наносів. затискачі залишаються відкритими, а внизу гумова трубка закінчується пробірною з діаметром 1,0 – 1,5 см та висотою 5 см. Аналіз починається після того, як температура води вирівнюється з температурою повітря. Для аналізу із проби у бюкс відбирається до 2 г наносів, які висушуються до абсолютно сухого стану і зважуються. Результати заносяться в таблицю I 3 .

Таблиця I 3 Вагові характеристики проби наносів

Маса проби у бюксі, г	Маса бюкса, г	Маса проби у повітряно-сухому стані, г	Маса проби у абсолютно сухому стані, г
24,8942	23,5364	1,3578	1.3222

Після зважування проба переноситься у фарфорову чашку, змочується водою і

розтирається гумовою терткою на протязі 3 – 5 хв до стану рідкої каші. Розтерту пробу перекидають в конусну колбу, з якої вміст переливають у фракціометр.

У момент переходу самої крупної частки через верхню мітку включають секундомір, який вимикається після проходження нижньої мітки. По відстані між мітками і часу проходження частки визначається максимальна гідравлічна крупність в см/с.

Терміни закриття затискачів для виділення встановлених фракцій визначаються в залежності від температури води у фракціометрі з таблиці / 4.

Таблиця / 4. Терміни закриття затискачів фракціометра ГР-82 (у секундах).

Фракція, мм	Відстань до затискач а, см	Температура води, °С						№ затис- кува- ча
		2,5-7,5	7,6- 12,5	12,6- 17,5	17,6- 22,5	22,6- 27,5	27,6- 32,5	
1,0-0,5	188	42	38	34	31	29	26	1
0,5-0,2	172	128	112	99	87	79	72	2
0,2-0,1	162	352	306	266	232	211	191	3
0,1-0,05	153	1048	900	785	690	616	556	4

Через час, що визначається з таблиці (максимальний період закриття затискачів для найменшої фракції при заданій температурі води) дослід закінчується. Під фракціометр підставляється бюкс і відділяється нижня пробірка, вміст якої зливається в бюкс. Потім під фракціометр підставляється другий бюкс, відкривається затискач 1 і відділяється частина трубок, що розміщені між затискачами 1 і 2. Частинки, що осіли на стінках окремої трубки, зливаються в підставлений бюкс. Аналогічні дії виконують в трубках між затискачами 2 і 3 та 3 і 4.

Бюкси з наносами різних фракцій висушуються до абсолютно сухого стану і зважуються з точністю до 0,0001. Маючи загальну масу проби в абсолютно сухому стані (табл. / 3) вираховують відносний вміст кожної фракції.

Після пофракційного зважування повторно визначається загальна маса проби, як сума мас кожної фракції і у порівнянні з масою проби перед дослідом визначається похибка аналізу.

Таблиця I 5. Журнал для запису результатів гранулометричного аналізу методом фракціометра ГР-82.

№	Порядок запису	Діаметр фракції, мм				Сума фракцій	Зауваження
		1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05		
1	№ бюкса	1	2	3	4		Похибка аналізу 0,01302, або 1,01 %
2	Маса бюкса з наносами, г	21,9430	18,2419	13,5575	15,9977		
3	Маса бюкса, г	21,8753	18,1431	13,0683	15,3442		
4	Маса фракцій в абсолютно сухому стані, г	0,0677	0,0988	0,4892	0,6535	1,3092	
5	Відносний вміст фракцій, %	5,12	7,47	37,00	49,40	100	

В таблиці I 5 вираховується похибка аналізу.

За даними таблиці I 5 вираховується діаметр часток і їх гідравлічна крупність (з табл. I 1). Гідравлічна крупність перемножується на коефіцієнт поправки  $k_t$  при  $t=20^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця I 6 . Визначення гідравлічної крупності часток.

Діаметр, мм		Гідравлічна крупність	Гідравлічна крупність, виправлена $k_t$ на при $t=20^{\circ}\text{C}$
Фракції	Відсічених часток		
1,0-0,5	0,5	0,0555	0,0500
0,5-0,2	0,2	0,0174	0,0153
0,2-0,1	0,1	0,0061	0,0054
0,1-0,05	0,05	0,00195	0,0018

## ДОДАТОК І

# ПРИКЛАДИ ГРАФІЧНОГО ВИРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ РУСЛОВИХ ВІДКЛАДІВ

Вихідні умови: результати гранулометричного складу наносів р.Стрий, на ділянці, що розміщена нижче впадіння притоки опір.

Місце відбору – осередок.

Результати приведені в таблиці. Ї 1

Таблиця Ї 1 Маса фракцій у пробі наносів р.Стрий

Характеристика	Маса фракцій (кг) в межах інтервалів заданого діаметру										Загальна маса проби
	160-80	80-40	40-20	20-10	10-5	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	< 0,315	
Самовимощення	24,75	16,25	6,85	1,40	0,45	0,43	-	-	-	-	50,13
Підстильова основа	25,05	44,26	38,22	29,75	24,30	12,82	10,81	4,53	4,75	2,75	197,24
Загальна проба	49,80	60,51	45,07	31,15	24,75	13,25	10,81	4,53	4,75	2,75	247,37

Завдання:

- визначити середній діаметр наносів;
- побудувати гістограму і циклограму гранулометричного складу наносів (для сумарної проби);
- побудувати інтегральну криву гранулометричного складу наносів у викривленому масштабі;
- побудувати інтегральну криву гранулометричного складу наносів у напівлогарифмічному масштабі;
- визначити діаметри наносів різної забезпеченості.

Хід виконання:

По матеріалах натурних спостережень (табл.Ї 1 ) визначається вміст кожної фракції у відсотках в наростаючому порядку, а також значення  $P_{i\%} \cdot d_i$ , де  $P_{i\%}$  - відсотковий вміст



фракції, а  $d_i$  – її середній діаметр. Розрахунки виконуються окремо для самовимощення, підстилкової основи і загальної проби. Характеристики загальної проби отримують шляхом пофракційного сумування маси самовимощення і підстилкової основи. Результати заносяться в табл. І 3.

1. Середньозважений діаметр наносів визначається за формулою ( 3.1.1 ). Значення  $P_{i\%}$  ·  $d_i$  вираховується в табличній формі (графи 3,7,11 табл.І 3 ).

Для самовимощення

$$D_{ср.ж.} = 0,01 \sum_{i=1}^n P_{i\%} \cdot d_i = \frac{8330 \cdot 15}{100} = 83,3 мм$$

Для підстилкової основи

$$d_{н.о.} = \frac{3935,61}{100} = 39,4 мм$$

Для загальної проби

$$d_{ср.ж.} = \frac{4926,08}{100} = 49,3 мм$$

2. Гістограма і циклограма для загальної проби наносів будується на основі даних графи 10 табл. І 3 (рис. 3.3.1 і І рис. 3.3.2 посібника ).

3. Інтегральні криві гранулометричного складу наносів у викривленому і напівлогарифмічному масштабі будується на основі даних граф 4,8,12 табл. І 3

На рис. 3.3.3 посібника приведена інтегральна крива для загальної проби. Довжина відрізків на горизонтальній вісі вибрана 14 мм. (Вирахувані масштаби для кожного інтервалу фракцій приведені в табл. 3.3.1 посібника).

Найбільш поширеним методом вираження гранулометричного складу наносів при гідротехнічних розрахунках є побудова інтегральних кривих і напівлогарифмічному вигляді.

На рис. І 1 представлено криві гранулометричного складу наносів для шару самовимощення, підстилкової основи і проби у цілому.

Для побудови використана стандартна клітчатка ймовірностей із віссю абсцис в логарифмічних координатах.

4. Визначення діаметрів наносів різної забезпеченості виконується графічним шляхом з допомогою інтегральної кривої гранулометричного складу, як це показано на рис. І 1 . Результати записуються в таблицю І 2.





Таблиця І 2 . Гранулометричні параметри наносів

Характеристика наносів	Гранулометричні параметри, мм							
	$d_3$	$d_5$	$d_{10}$	$d_{25}$	$d_{50}$	$d_{75}$	$d_{90}$	$d_{95}$
Самовимощення	-	20	27	45	74	105	135	145
Підстилкова основа	-	-	0,0	7,4	24,0	56,0	90	120
Загальна проба	1,018	1,4	3,0	10,7	34,0	70,0	115	136

Таблиця І 3 Результати гранулометричного аналізу проб наносів р.Стрий

Характеристика проби	№ п/п	Показники	Інтервал діаметрів фракцій ( $d_i$ ), мм										$\Sigma$
			160-80	80-40	40-20	20-10	10-5	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	<0,315	
			120	60	30	15	7,5	3,75	1,88	0,95	0,47	0,157	
Самови-мощення	1	$M_{\text{аса}}, \text{кг}$	24,75	16,25	6,85	1,40	0,45	0,43	-	-	-	-	50,13
	2	$P_{i\%}$	49,37	32,42	13,66	2,79	0,9	0,86	-	-	-	-	
	3	$P_{i\%} \cdot d_i$	5924,9	1945,2	409,8	41,85	6,75	2,15	-	-	-	-	8330,15
	4	$\Sigma P_{i\%}$	100	50,63	18,21	4,55	1,76	0,86	-	-	-	-	
Підстил-кова основа	5	$M_{\text{аса}}, \text{кг}$	25,05	44,26	38,22	29,75	24,3	12,82	10,81	4,53	4,75	2,75	197,24
	6	$P_{i\%}$	12,70	22,44	19,38	15,08	12,32	6,50	5,48	2,30	2,41	1,40	
	7	$P_{i\%} \cdot d_i$	1651,0	1346,4	581,4	226,2	92,4	24,38	10,30	2,18	1,13	0,22	3935,61
	8	$\Sigma P_{i\%}$	100	88,3	65,87	46,49	31,41	19,09	12,59	7,21	3,81	1,40	
Загальна проба (самови-мощення+підстил-кова основа)	9	$M_{\text{аса}}, \text{кг}$	49,80	60,51	45,07	31,15	24,75	13,25	10,81	4,53	4,75	2,75	247,37
	10	$P_{i\%}$	20,13	24,46	18,22	12,59	10,00	5,36	4,37	1,83	1,92	1,11	
	11	$P_{i\%} \cdot d_i$	2616,9	1457,6	546,60	188,85	75,00	20,10	8,22	1,74	0,90	0,174	4926,08
	12	$\Sigma P_{i\%}$	99,99	79,86	55,40	37,18	24,59	14,59	9,23	4,86	3,03	1,11	

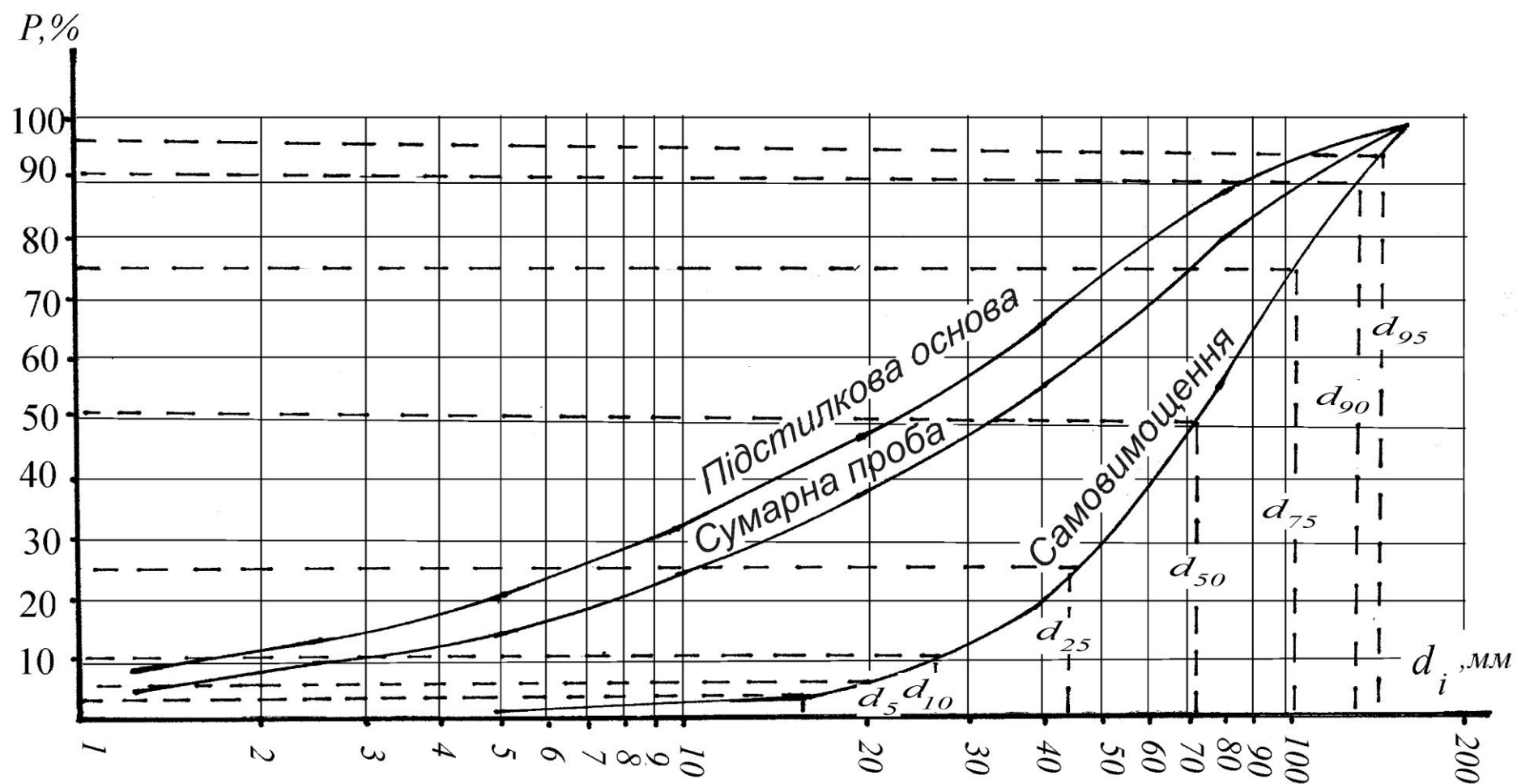


Рис. Ї 1 Інтегральна крива ( у напівлогарифмічному масштабі) гранулометричного складу наносів р. Стрий



## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СТОКУ НАНОСІВ ПРИ РУСЛОФОРМУЮЧІЙ ВИТРАТІ ВОДОТОКУ.

Розрахунок стоку наносів виконаний для дослідної ділянки р. Бистриця біля с.Ямниця, де в 1980 році були проведені польові дослідження процесу розвитку руслових деформацій.

Вихідні дані для розрахунків:

- ділянка русла р. Бистриця біля с.Ямниця (Івано-Франківська область);
- тип руслового процесу на ділянці річки – вільне меандрування;
- витрати води в період проходження піку паводку з 24 по 26 липня 1980 року в межах бровок становила  $Q=800 \text{ м}^3/\text{с}$  (водпост розміщений на відстані 900 м вниз за течією);
- гідравлічний похил становив  $I = i = 0,002$ ;
- середньозважене значення діаметру часток руслових відкладів без урахування шару самовимощення ложа русла дорівнює  $d_{\text{ср.зв}}=50 \text{ мм}$  (при коефіцієнті неоднорідності складу суміші наносів –  $S_0=0,45$ );
- середня швидкість потоку в бровках русла при витраті води  $Q=800 \text{ м}^3/\text{с}$  становила  $V=2.3 \text{ м/с}$ ;
- середня глибина руслового потоку становила  $h_0=2,2 \text{ м}$  (при  $Q=800 \text{ м}^3/\text{с}$ );  
середня швидкість збільшення мезоформи (боковика) по даних топографічних зйомок (проведених до і після паводку) становила  $C_{\Delta}=117 \text{ м}$  за паводок;
- середня глибина потоку над поверхнею мезоформи становила  $h_{\Delta}=1.75 \text{ м}$ ;- середня ширина русла в бровках –  $B=190 \text{ м}$ , а середня висота мезоформи  $h_r=0,38 \text{ м}$ ; Значення витрати донних рухомих наносів за результатами польових досліджень дорівнює  $Q_{\text{д.р}}=0,0867 \text{ м}^3/\text{с}$  (при об'ємі транспортувальних донних рухомих наносів в тілі мезоформи, який приблизно дорівнює  $7,5 \text{ тис. м}^3$ ).

Хід розрахунків:

### 1. Якісна і кількісна оцінка зафіксованого паводку.

Паводок, який пройшов в липні 1980 року на р.Бистриця біля с.Ямниця, слід віднести до руслоформуєчого, як такого, що пройшов в межах бровок русла (лише місцями були затоплені блюдця на поверхні заплави).

Такий стан водотоку відповідає динамічній рівновазі гідродинамічної системи “потік – русло”, що характеризується руслоформуєчою витратою води  $Q_{\text{рф}}$  і відповідно оптимальною витратою наносів  $Q_{\text{н.рф}}$ .

Значення руслоформуєчої витрати  $Q_{\text{рф}}$  для цієї ділянки річки згідно розрахунків дорівнює:

- по даних польових досліджень

$$Q_{рф} = V\omega = V_{дин.р} B_{бр} h_0 = 2,0 \times 2,2 \times 190 = 836 \text{ м}^3/\text{с};$$

- згідно розрахунків за формулою Шезі (коефіцієнт С визначається за формулою

$$Q_{рф} = 23(h_{рф} / D_{ср.зв})^{1/6} h_{рф} B_{рф} \sqrt{R_{рф} I} = 23(2,2/0,7)^{1/6} 2,2 \times 190 \sqrt{2,0 \times 0,002} = 1080 \text{ м}^3/\text{с};$$

- згідно розрахунків за формулою

$$B_{рф} h_{рф}^{5/3} \sqrt{I} / Q_{рф} - \psi^{1/2} R_{ф}^{1/6} / \sqrt{2g} [4lg(h_{рф} / D_{ср.зв}) + 4,25] = 0;$$

$$190 \times 2,2^{5/3} \sqrt{0,002} / Q_{рф} - 1,2^{1/2} R_{ф}^{1/6} / \sqrt{19,62} [4lg(2,2 / 0,7) + 4,25] = 0;$$

$$31,64 / Q_{рф} - 0,0271 = 0; Q_{рф} = 31,64 / 0,0271 = 1167 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розрахунок виконується на всю ширину русла р. Бистриця. Оскільки боковик практично займає всю ширину русла і, якщо не приймати до уваги розмив лівого берега, то витрату безструктурного транспорту наносів вздовж вузьких смуг ложа біля лівого і правого берегів, можна прийняти близьку до витрати донних рухомих наносів по поверхні боковика на розрахунковій ділянці. Розрахунок виконуємо для поперечного перерізу на 100 м вище від поперечного перерізу русла в місці газопроводів. Розрахунковий рівень води відповідає наповненню в бровках русла (виходу води на лівосторонню заплаву). Цьому рівню води відповідають значення площі поперечного перерізу потоку до і після паводку, а також значення  $h$ ,  $B$  і  $I$ . Якщо порівнювати значення площ поперечних перерізів до і після паводку, то можна прийти до висновку, що в створі між газопроводами спостерігається розмив лівого берега.

Розрахунок значення діаметру транспортувальних наносів виконується для стану динамічної рівноваги гідродинамічної системи “потік – русло”, що відповідає проходженню піку паводку зі швидкістю течії над мезоформою  $V_{дин.р} = 2,3 \text{ м/с}$ , а саме:

$$d_{гр.в} = m_1 V d_{дин.р}^2 / 1,65g(2,4\theta - 0,7)^2 = 0,18 \times 2,3^2 / 1,65 \times 9,81(2,4 \times 0,66 - 0,7)^2 = 0,059 \text{ м}.$$

Значення коефіцієнта форми часток наносів визначається на основі даних замірів розмірів еліпсоподібних часток руслових відкладів річок Передкарпаття

Перехід від  $d_{ср} = 50 \text{ мм}$  до розрахункового виконується на основі співвідношення кореляційного зв'язку між характерними розмірами окремих часток наносів

$$l/d_{ср} : v/d_{ср} : c/d_{ср} = 1,56 : 1,06 : 0,68,$$

$$\text{де } d_{ср} = \sqrt[3]{Ibc} - \text{середній діаметр часток наносів.}$$

При перекочуванні часток наносів більшою віссю перпендикулярно до динамічної вісі потоку ( $v = d_{ср} \cdot l$ ;  $c = d_{ср} \cdot v$ )  $\theta$  дорівнює

$$\theta = d_{ср}^2 / v \cdot c = (50 + 1,05)^2 / 50 \times 1,56 \times 50 \times 1,06 = 0,7;$$

- знаходимо значення всіх інших параметрів, які входять в формулу

- $m_1 = (\alpha^2 N + j f_0) / j f_0 N = (0,67^2 \times 140 + 2,4 \times 1,33) / 2,04 \times 1,33 \times 140 = 0,18;$
- $N = (0,7 C^2 + 6 C) / g = (0,7 \times 40^2 + 6 \times 40) / 9,81 = 140;$
- $C = 23(h / D_{\text{ср.зв}})^{1/6} = 23(2,4 / 0,08)^{1/6} = 40;$
- $\psi = (2h - d) / 2h = (2 \times 2,1 - 0,05) / 2 \times 2,1 = 0,988;$
- за даними рис.3.4.1а , при  $\psi = 0,99$  і  $C = 40$  знаходимо значення  $\alpha$  , яке дорівнює 0,66;
- по таблиці 3.4.1 при  $\theta = 0,66$  знаходимо значення  $j$  і  $f_0$ , які відповідно дорівнюють 3,3 і 1,4.

Знаходимо значення  $d_{\Gamma, \text{н}}$

$$d_{\Gamma, \text{н}} = V_{\text{дин.р}} / 1,65 N (2,4 \theta - 0,7)^2 = 2,3^2 / 1,65 \times 140 (2,4 \times 0,7 - 0,7)^2 = 0,023 \text{ м.}$$

За даними  $d_{\Gamma, \text{в}}$  і  $d_{\Gamma, \text{н}}$  знаходимо розрахункове (середнє) значення діаметра часток транспортувальних наносів

$$d_p = (d_{\Gamma, \text{в}} + d_{\Gamma, \text{н}}) / 2 = (0,042 + 0,03) / 2 = 0,036 \text{ м.}$$

Для значення  $d_p = 0,036 \text{ м}$  визначається значення початкової середньої швидкості масового волочіння наносів по поверхні боковика

$$V_{\text{п.в.н}} = V_{\text{п.в.о}} (0,4 S_0 + 0,6) = 1,91 (0,4 \times 0,45 + 0,6) = 1,49 \text{ м/с.}$$

$$V_{\text{п.в.о}} = 2 [(m - 1,5) / (m + 1)(h / d_p)^{1/m} \sqrt{g(\rho_n - \rho / \rho)}] = 2[(5,3 - 1,5) / (5,3 + 1)] \times (1,75 / 0,036)^{1/5,3} \times \sqrt{9,81(2,65 - 1)0,036 / 1} = 1,91 \text{ м/с;}$$

$$M = 2,24 \lg(h / d_p) - 0,21 [\lg(h / d_p)]^2 + 2,1 = 2,24 \lg(1,75 / 0,036) - 0,21 [\lg(1,75 / 0,036)]^2 + 2,1 = 5,3.$$

Для значення відношення характеристик швидкостей потоку  $V_{\text{д.р}} / V_{\text{п.в.н}} = 2,3 / 1,49 = 1,54$  та значення  $\theta = 0,7$  на графіку зв'язку (рис. 3.4.1,б) відповідає значення  $f$ , що дорівнює 0,18.

Значення максимальної (актуальної) вертикальної пульсаційної складової швидкості дорівнює

$$U_{\text{в.макс}} = 3V / \sqrt{N} = 3 \times 2,3 / \sqrt{140} = 0,6 \text{ м/с.}$$

Значення гідравлічної крупності (швидкості падіння часток наносів в водному потоці) дорівнює:

$$W = (2,4\theta - 0,7) \sqrt{\frac{\rho_n - \rho}{\rho}} g d_p = (2,4 \times 0,7 - 0,7) \sqrt{\frac{2,65 - 1}{1}} 9,81 \times 0,036 = 0,75 \text{ м/с.}$$

Витрата донних рухомих наносів дорівнює:

$$Q_{д.р} = 0,01 B d_p \gamma_n \alpha (V - V_{п.в.н} \sqrt{f/f_0}) (V/V_{п.в.н} \times U_{в.макс} = 0,01 \times 170 \times 0,036 \times 2 \times 0,67 (2,3 - 1,9 \sqrt{\frac{0,18}{1,33}}) (1,54 \times \frac{0,6}{0,75}) = 0,162 \text{ т/с, або } 0,081 \text{ м}^3/\text{с}$$

Одержане значення  $Q_n$  наближене до натурних спостережень витрати волочених наносів в тілі мезоформи і дорівнює  $0,0867 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Швидкість зміщення мезоформи дорівнює:

$$C_{\Delta} = 950 \frac{h_{з.р}}{\Delta} V_{д.р}^4 (gh)^{1,5} = 950 \frac{0,38}{1,5} 2,4^4 (9,81 \times 1,75) = 112 \text{ м/добу}$$

Витрата транспортованих наносів за значно простішою формулою Іваненка, складає:

$$G_n = -(\rho_n - \rho) G_w / \rho_n = \zeta \rho V^4 B [1 - (V_0/V)^{2+2\alpha}] / C^2 = 2,65 \times 0,06 \times 1 \times 2,3^4 \times 170 \times \frac{1 - (1,8/2,3)^3}{(2,65 - 1) \times 0,75 \times 40} = 375/1984 = 0,19 \text{ т/с}$$

$$(V_0 = V_{д.р}/1,3 = 2,3/1,3 = 1,8 \text{ м/с})$$

Вирахуване значення  $G_n = 0,19 \text{ т/с}$  містить в собі витрату завислих наносів, тому розходження з  $Q_n = 0,162 \text{ т/с}$  цілком логічне.



## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ КРИВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПОТОКУ НА ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНКАХ ЗАРЕГУЛЬОВАНОГО РУСЛА РІЧКИ

У якості прикладу для розрахунку можна взяти ділянку русла р. Тересва між с. Усть Чорна і смт. Дубове, де спостерігається блукання русла в межах річкової долини шириною  $B=200-500$  м. Тут бажано русло стабілізувати за допомогою берегозахисних кріплень.

Ширина стійкого прямолінійного русла  $B_c$  може бути визначена за допомогою формули Діанова В.Г.

$$B_c = \sqrt{\frac{Q_{pф} g h}{(V_p)^3}},$$

де  $h$  – глибина підпірного б'єфу, тобто глибина потоку у водопропускному коридорі при проходженні руслоформуючого паводку  $Q_{pф}$  і відповідній критичній нерозмивній швидкості потоку  $(V_p)$  для руслоформуючих фракцій наносів.

Вихідні дані для розрахунку: руслоформуюча витрата р. Тересва на цій ділянці складає  $Q_{pф}=500$  м<sup>3</sup>/с, яка проходить в однорукавному руслі при середній швидкості потоку  $V_{pф}=4,3$  м/с, що відповідає середній глибині  $h_{pф}=2,9$  м і  $B_{pф}=40$  м. Критична нерозмивна швидкість потоку для руслових відкладів при  $d_{сер.зб}=110$  мм;  $D_{сер.зб}=220$  мм і  $d_{від}=157$  мм (  $d_{від}$  визначено за формулою  $d_{від} = 1,6 i_0^{0,9} (Q_{pф}/\sqrt{g})^{0,4}$ , де  $i_0=0,008$  – поздовжній профіль річки на розрахунковій ділянці) буде дорівнювати  $(V_p)=V_{0,p}/1,3=4,3/1,3=3,3$  м/с. Таким чином, після підстановки значень величин маємо рівняння:

$$B_c = \sqrt{\frac{500 \cdot 9,81 h}{(3,3)^3}},$$

яке при  $B_c=B_{pф}=40$  м нам дасть  $h_I=3,5$  м.

На рис. Л 1 приведена розрахункова схема для цього випадку. Згідно з цією схемою рекомендується визначити довжину перехідної ділянки, де спостерігається крива спаду вільної поверхні потоку.

Хід розрахунку. При використанні рівняння Б.А.Бахметьєва згідно з алгоритмом розрахунку визначаємо його параметри і характеристики.

1. Знаходимо значення глибини потоку у водопропускному коридорі шириною  $B_p = 3B_c = 3 \cdot 40 = 120$  м при швидкості потоку  $(V_p) = 3,3$  м/с

$$h_2 = Q_{p\phi} / [B_p(V_p)] = 500 / 120 \times 3,3 = 1,3 \text{ м.}$$

2. Знаходимо значення нормальної глибини потоку  $h_0$  шляхом підбору з рівняння Шезі при середній ширині перехідної ділянки  $B_{сер} = 80$  м. При цьому маємо такі значення:

1)  $h = 2$  м;  $R = w/\chi = 80 \cdot 2 / 84 \approx 2$  м;  $n = 0,035$ ;  $C_I = (1/n)R^{1/6} = 1/0,035 \cdot 2^{1/6} \approx 34$ ;  $C_2 = 23(h/D_{сер.36})^{1/6} = 23(2/0,22)^{1/6} \approx 33$ . Приймаємо значення  $C = 33$ .

$$Q_{p\phi} = B_{сер} h_0 C_{сер} \sqrt{R_{сер} i_0};$$

$$500 = 80 h_0 33 \sqrt{2 \cdot 0,008};$$

$$500 = 333 h_0; \quad h_0 = 1,5 \text{ м.}$$

2)  $h = 1,5$  м;  $R = w/\chi = 80 \cdot 1,5 / 83 \approx 1,45$  м;  $n = 0,035$ ;  $C_I = (1/n)R^{1/6} = 1/0,035 \cdot 1,45^{1/6} \approx 32$ .

$$500 = 80 h_0 32 \sqrt{1,45 \cdot 0,008};$$

$$h_0 = 1,95 \text{ м.}$$

3)  $h = 1,75$  м;  $R = 80 \cdot 1,75 / 83,5 \approx 1,67$  м;  $n = 0,035$ ;  $C_I = 1/0,035 \cdot 1,67^{1/6} \approx 33$ .

$$500 = 80 h_0 33 \sqrt{1,67 \cdot 0,008};$$

$$500 = 280 h_0; \quad h_0 = 1,786 \text{ м.}$$

Приймаємо значення  $h_0 = 1,786$  м.

$$3. \eta_2 = h_2/h_0 = 1,3/1,77 \approx 0,72; \quad \eta_1 = h_1/h_0 = 3,5/1,77 \approx 2;$$

$$4. j_{сер} = \alpha C_{сер} i_0 B_{сер} / g \chi_{сер} = 1,1 \cdot 33^2 \cdot 0,008 \cdot 80 / 9,81 \cdot 83,5 = 767/819 \approx 0,95.$$

$$5. z = f(R, n); \quad z = 0,75;$$

$$6. y = z - 0,5 = 0,75 - 0,5 = 0,25.$$

7. Визначаємо значення гідравлічного показника русла  $\chi$ .

Для прямокутного поперечного перерізу русла  $\chi = 2y + 3 = 2 \cdot 0,25 + 3 = 3,5$ .

8. По даних таблиці додатку Є знаходимо значення  $\Phi(\eta_2)$  і  $\Phi(\eta_1)$ :

$$\Phi(\eta_2) = 0,782; \quad \Phi(\eta_1) = 0,074.$$

9. Підставляємо одержані розрахункові значення параметрів і характеристик у функціональну залежність

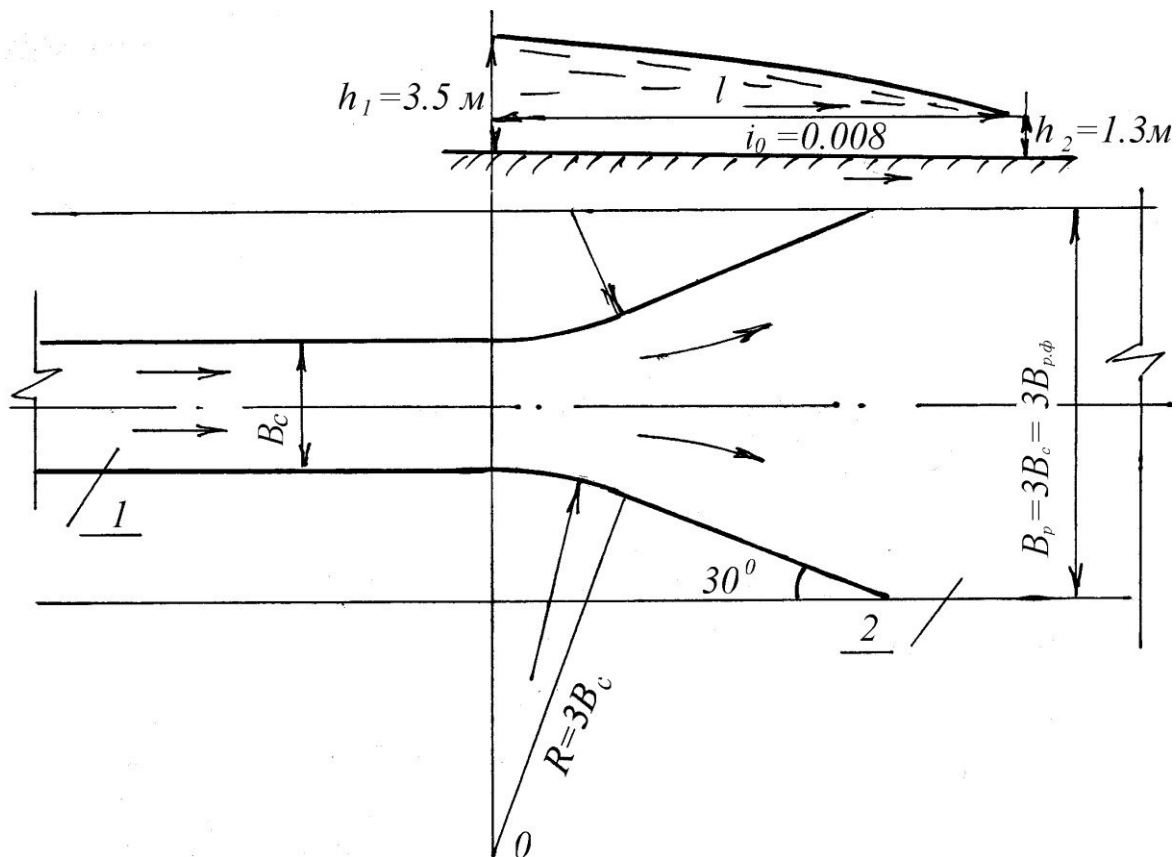
$$i_0 l / h_0 = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_{\text{сеп}}) [\Phi_x(\eta_2) - \Phi_x(\eta_1)];$$

$$0,008 l / 1,77 = 0,72 - 2 - (1 - 0,95)(0,782 - 0,074);$$

$$0,008 l = -1,315;$$

$$l = -1,315 / 0,008 \approx -165 \text{ м } (h_1 \rightarrow h_2).$$

10. Окреслюємо криву спаду вільної поверхні води від створу 1 –  $h_1$  до створу 2 –  $h_2$  на довжині перехідної ділянки, що дорівнює 165 м.



1 – закріплене русло (в брівках); 2 – водопропускний коридор

Рис. Л.1 Розрахункова схема вузла регулювання русла.